

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E
PRODUTIVIDADE DE CAFEIRO ARÁBICA -
CULTIVAR TOPÁZIO MG 1190 - SOB
DIFERENTES ORIENTAÇÕES CARDEAIS**

GRÉCIA OIAMA DOLABELA BICALHO

2007

GRÉCIA OIAMA DOLABELA BICALHO

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E PRODUTIVIDADE DE
CAFEIRO ARÁBICA - CULTIVAR TOPÁZIO MG 1190 - SOB
DIFERENTES ORIENTAÇÕES CARDEAIS**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. José Donizeti Alves

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Bicalho, Grécia Oiama Dolabela .

Comportamento fisiológico e produtividade de cafeeiro arábica –
cultivar topázio MG 1190 - sob diferentes orientações cardeais
/ Grécia Oiama Dolabela Bicalho. – Lavras : UFLA, 2007.

72 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: José Donizeti Alves.

Bibliografia.

1. Café. 2. Fenologia. 3. *Coffea arabica* Topázio MG1190. 4.
Comportamento fisiológico. 5. Produtividade. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD – 633.738151

GRÉCIA OIAMA DOLABELA BICALHO

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E PRODUTIVIDADE DE
CAFEIRO ARÁBICA - CULTIVAR TOPÁZIO MG 1190 - SOB
DIFERENTES ORIENTAÇÕES CARDEAIS**

Tese apresentada a Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
área de concentração em Fisiologia Vegetal,
para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 19 de junho de 2007

Profa. Ângela Maria Soares	UFLA
Prof. Luiz Edson Mota de Oliveira	UFLA
Dr. Rodrigo Luz da Cunha	EPAMIG
Dr. Gabriel Ferreira Bartolo	EMBRAPA

Prof. José Donizeti Alves
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

À MEMÓRIA DE:

**Affonso Dolabella Bicalho e Maria de Oliveira Bicalho meus pais queridos,
meu maior e profundo agradecimento, pelo amor incondicional, pela minha
formação educacional e profissional, pelo respeito à natureza e as pessoas.**

OFEREÇO E DEDICO

**NA CIÊNCIA, EXISTEM QUESTÕES INGÊNUAS, QUESTÕES
ENTEDIANTES, QUESTÕES APRESENTADAS DE MODO
INADEQUADO.
MAS CADA QUESTÃO É UM GRITO PARA ENTENDER O MUNDO.
NÃO EXISTE PERGUNTA ESTÚPIDA.**

Carl Sagan

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela vida e pela fé sempre presente.

À UFLA por permitir meu aprendizado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À UNIMONTES, Instituição onde leciono e que agora ingresso na pesquisa.

À EPAMIG de Patrocínio/MG onde o experimento foi implantado especialmente: Jaime, Lázaro, Ronaldo e demais funcionários.

AO MEU ORIENTADOR: Dr. José Donizeti Alves pelo apoio, ensinamentos em Café, amizade, brincadeiras, ajuda e compreensão em todas as etapas.

À FAMÍLIA pelo apoio em todos os sentidos e em todos os momentos da vida;

Aos MESTRES que me ensinaram e abriram as portas para a busca do conhecimento: Luiz Edson, Ângela, Amauri, Evaristo Mauro, Renato;

A Dra. Ângela Maria Soares, Co-Orientadora, pelo apoio e ensinamentos em Ecofisiologia;

Aos COLEGAS da Fisiologia Vegetal da época: Ana Hortência, Rupert, Soami, Alessandro, Andrea, Paulo Cairo, João Paulo, Dárlan, Lisandro, Marcos, Teresa, Morbeck, Daniela, Hyrandir, Marcus, Lenaldo, Giandré, Érico, Silvia, Claudia, Rayres, Cristina, Cyntia, Saulo, que me auxiliaram em alguma etapa e particularmente a Daniela e Dárlan que me ajudaram nas discussões, estatística, informática e montagem final da tese.

A todo corpo Técnico Administrativo e Funcionários da Fisiologia Vegetal/UFLA em especial: Marcelo, Evaristo, Izonel, Tanham, Joel, Sr. Odorêncio, Lena, Barrinha.

Demais Departamentos da UFLA: Química: Dra. Maria das Graças Cardoso e Dra. Celeste Maria Patto de Abreu e, Biologia: Dr. Evaristo Castro, Dr. Douglas, Ciência dos Alimentos, Biblioteca, Xérox, PRPG.

Ao Dr. Paulo Tácito Gontijo, Dra. Sara Chalfoun e Dr. Rodrigo Luz da EPAMIG/Lavras.

Ao Dr. Darcy Roberto Lima da ABIC /Café e Saúde.

Ao Dr. Gabriel Ferreira Bartholo da EMBRAPA-CAFÉ.

Aos Cafeicultores Brasileiros e principalmente aos Mineiros por essa bebida maravilhosa: O CAFÉ; e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, que não é o fim, mas o início de uma nova etapa, MEU MUITO OBRIGADO.

Grécia Oiama

LAVRAS, 2007

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Histórico e caracterização do material vegetal	8
3.2 Condições gerais da área experimental.....	9
3.2.1 Características do solo	9
3.2.2 Características ambientais.....	10
3.3 Descrição dos tratamentos, delineamento experimental e condução do experimento	14
3.4 Avaliações.....	17
3.4.1 Crescimento vegetativo.....	18
3.4.2 Potencial hídrico e trocas gasosas.....	18
3.4.3 Produção	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1 Crescimento vegetativo.....	20
4.2 Crescimento Reprodutivo	47
4.3 Avaliações de DFFFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Ψ_{foliar} (-MPa)	52
5 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Extrato simplificado do balanço hídrico decendial, janeiro a dezembro de 2004, CAD=100 mm, Patrocínio, MG.....	11
FIGURA 2 Deficiência hídrica acumulada para os anos de 2002 a 2004 para a localidade de Patrocínio, MG.....	12
FIGURA 3 Temperaturas médias decendiais dos anos de 2002 a 2004 comparadas com a média histórica para a região de Patrocínio, MG.....	13
FIGURA 4 Armazenamento de água no solo para os anos de 2002 a 2004 para a localidade de Patrocínio, MG.....	14
FIGURA 5 Esquema do posicionamento das linhas de plantio em relação ao norte verdadeiro (Norte – Sul, 0 – 180 ^o , Nordeste – Sudoeste, 45 ^o – 225 ^o , Leste - Oeste 90 ^o – 270 ^o , Sudeste – Noroeste 135 ^o – 315 ^o).....	15
FIGURA 6 Representação esquemática demonstrando as quatro direções das linhas de plantio (N-S, NE-SO, L-O e SE-NO) e os oito tratamentos ou modalidades de exposição à irradiância solar, norte (N), nordeste (NE), leste (L), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O), noroeste (NO), situando a unidade experimental e a parcela útil avaliadas no experimento.....	16
FIGURA 7 Evolução da altura de plantas de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO).120%.....	21
FIGURA 8 Evolução do diâmetro de copa de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO).....	22
FIGURA 9 Crescimento do diâmetro de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) durante os primeiros dois anos de produção.....	23

FIGURA 10	Evolução do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).....	24
FIGURA 11	Crescimento do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da manhã durante os primeiros dois anos de produção.....	25
FIGURA 12	Evolução do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).....	26
FIGURA 13	Crescimento do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da tarde durante os primeiros dois anos de produção.....	27
FIGURA 14	Evolução do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã.....	29
FIGURA 15	Crescimento do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.....	30
FIGURA 16	Evolução do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período	

	da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).....	31
FIGURA 17	Crescimento do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	32
FIGURA 18	Evolução do comprimento total dos ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos ramos medidos no período da manhã e da tarde.....	33
FIGURA 19	Crescimento total dos ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos ramos medidos no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	34
FIGURA 20	Evolução no número de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).....	36
FIGURA 21	Formação de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.....	37
FIGURA 22	Evolução no número de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).....	38
FIGURA 23	Formação de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais:	

	norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	39
FIGURA 24	Evolução no número total de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos nós quantificados no período da manhã e da tarde.....	40
FIGURA 25	Formação total de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos nós quantificados no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	41
FIGURA 26	Evolução no número de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).....	42
FIGURA 27	Formação de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.....	43
FIGURA 28	Evolução no número de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).....	44
FIGURA 29	Formação de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	45
FIGURA 30	Evolução no número total de folhas em ramos de cafeeiro	

	Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório das folhas quantificadas no período da manhã e da tarde.....	46
FIGURA 31	Formação total de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório das folhas quantificadas no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.....	47
FIGURA 32	DFFFA - valores médios medidos em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de maio, julho, agosto, setembro de 2003 e março, maio, junho e julho de 2004, média dos dois anos. (As barras representam o erro padrão da média).....	53
FIGURA 33	Fotossíntese (A) e seus valores médios em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado nos meses de maio, julho, agosto e setembro de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).....	55
FIGURA 34	Fotossíntese (A) e seus valores médios em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado nos meses de março, maio, junho e julho de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).....	56
FIGURA 35	Condutância estomática (gs) avaliado em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado nas diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de maio, julho e agosto (época seca) e setembro (época chuvosa) no ano de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).....	57
FIGURA 36	Condutância estomática (gs) avaliado em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado nas diferentes orientações	

	cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de março (época chuvosa), maio, junho e julho (época seca) no ano de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).....	58
FIGURA 37	Potencial hídrico de antemanhã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nos meses de março, maio, junho, julho e agosto de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).....	60
FIGURA 38	Potencial hídrico de antemanhã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nos meses de março, maio, junho, julho e agosto de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).....	61
FIGURA 39	Potencial hídrico de antemanhã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO): avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004. (As barras representam o erro padrão da média).....	62
FIGURA 40	Potencial hídrico de meio dia -12h - de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).....	64
FIGURA 41	Potencial hídrico de meio dia (12h) em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período de janeiro, março, abril, junho, julho e agosto de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).....	65
FIGURA 42	Potencial hídrico do meio dia (12h) de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste	

(L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004. (As barras representam o erro padrão da média)..... 66

FIGURA 43 D.P.V. de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004 nos meses de maio, julho, agosto setembro de 2003 e março, maio junho e julho de 2004. (As barras representam o erro padrão da média)..... 67

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Características químicas e físicas da amostra superficial (0 a 20 cm) do LV e da área experimental, coletada em Julho de 2000.....	10
TABELA 2	Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190 em 2002, 2003 e 2004 implantados em diferentes orientações cardeais e colheitas realizadas em relação ao caminhamento solar manhã (M), tarde (T) e Total (Σ). Patrocínio – MG, 2004.....	49
TABELA 3	Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190, média de três colheitas plantados em função dos direcionamentos cardeais (N-S, NE-SO, L-O, SE-NO), realizadas em relação do caminhamento solar manhã (M) e tarde (T) e Total (Σ). Patrocínio – MG, 2004.....	50
TABELA 4	Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190, total (Σ) de três colheitas plantados em função dos direcionamentos cardeais (N-S, NE-SO, L-O, SE-NO), realizadas em relação do caminhamento solar manhã (M) e tarde (T) Patrocínio – MG, 2004.....	51

RESUMO

BICALHO, Grécia Oiama Dolabela. **Comportamento fisiológico e produtividade de cafeeiro arábica - cultivar topázio MG 1190 - sob diferentes orientações cardeais.** 2007. 72p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O estudo do desenvolvimento fenológico e produtividade de cafeeiro arábica – variedade TOPAZIO MG 1190, de dois a quatro anos de idade, implantado em diferentes orientações cardeais (N-S, NE-SO, L-O, e SE-NO) na região de Patrocínio, Minas Gerais, teve suas avaliações iniciadas em outubro de 2002 quando as plantas apresentavam-se com dois anos de idade e, a partir daí, mensalmente, nos dois lados das plantas no sentido transversal à linha de plantio, voltados para as ruas adjacentes. A unidade experimental foi constituída de cinco fileiras com 15 plantas, sendo considerada como parcela útil quatro plantas consecutivas das três fileiras centrais. A análise do crescimento durante os anos de setembro de 2002 a outubro de 2004 revelou crescimento segundo padrão sazonal, com taxas acentuadas na primavera/verão, intercaladas por um período de crescimento lento no outono/inverno; além de mostrar que para as quatro direções das linhas de plantio, não houve diferenças significativas de crescimento vegetativo. O somatório das três primeiras produções da lavoura verificou-se não haver diferenças entre posicionamentos das fileiras e nem em relação aos lados da planta voltados para as ruas, levando-se em consideração o caminamento solar. Análises fisiológicas de trocas gasosas e de potencial hídrico também revelaram não haver diferenças entre os tratamentos, uma vez que a lavoura se encontrava sob condições de radiação em níveis saturantes; a temperatura na faixa adequada, sem estresse hídrico durante todas as épocas do ano. Os resultados, no entanto, não descartam a possibilidade de haver favorecimento fisiológico para um ou mais direcionamentos das fileiras em relação aos pontos cardeais.

* Comitê de Orientação: Prof. José Donizeti Alves – UFLA (Orientador), Profa. Ângela Maria Soares – UFLA (Co-orientadora)

ABSTRACT

BICALHO, Grécia Oiama Dolabela. **Physiological behavior and productivity of arabica coffee - MG cultivar topaz 1190 - cardinals under different guidelines.** 2007. 72p. Thesis (Doctorate Plant Physiology) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The coffee plant study of phenological development and productivity using TOPAZIO MG 1190 variety, was realized in different cardinal directions (N-S, NE- SW, E-W, and SE-NW) in the region of Patrocínio, Minas Gerais. The evaluations were initiated in October/2002, when the plants were two years old and, since this time, every month, on the both side of plants transversal of the sowing line, facing adjacent towpath. The experimental unit was made up of five rows containing 15 plants, four consecutive plants of the three central rows were considered as the useful plot. The plant growth analysis was made in the four sowing line directions, and did not show significant differences, although the seasonal growth pattern had accentuated growth rates in the spring/summer, combined with a period of slow growth in the fall/winter. The physiological analyses of gaseous exchanges and water potential also revealed no differences among the treatments, once the crop was under radiation conditions at saturated levels; and the temperature in the appropriate range, without water stress during the whole year. In relation to the production, the sum of the first three crops did not show differences among the row positions and neither in relation to the sides of the plant facing the towpath, taking into account the solar path. Considering all those aspects, it is possible to conclude that there were neither reductions nor physiological aspects favoring for any directioning of the rows. Therefore, from the phenologic and productive point of view, the coffee grower of this area, according to his convenience, has the possibility of choosing the direction of the coffee lines in relation to the cardinal orientations without compromising his production.

* Comitê de Orientação: Prof. José Donizeti Alves – UFLA (Orientador), Profa. Ângela Maria Soares – UFLA (Co-orientadora)

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea arabica* L. foi introduzida no Brasil em 1727, originada do sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, cujas regiões eram restritas e marginais às demais espécies. Pela sua origem, nos vales das regiões montanhosas da Abissínia, onde cresce permanentemente sob densas florestas tropicais ao abrigo de altas temperaturas e com precipitação bem distribuída, é originalmente considerada uma espécie adaptada a sombra, embora no Brasil, a maioria das lavouras seja conduzida a pleno sol com produções atingindo patamares muito superiores ao de seu local de origem.

A cultura cafeeira a pleno sol apresenta uma grande diversidade em termos de crescimento e produção, levando-se em conta os diferentes talhões de uma propriedade. É comum observar em uma mesma lavoura cafeeira implantadas em regiões montanhosas como no Sul de Minas Gerais e Zona da Mata, variações no crescimento e desenvolvimento dos componentes vegetativos e reprodutivos das plantas, dentro e entre talhões. Estas variações, de maneira geral, são atribuídas as curvas de nível que impõem naturalmente, modificações do posicionamento das fileiras do café em relação aos pontos cardeais.

Dos estados tradicionalmente produtores de café como Minas Gerais, São Paulo e Paraná, a cafeicultura migrou para regiões antes consideradas marginais como as do cerrado mineiro, Oeste e Sudoeste baiano, Goiás e Mato Grosso onde, apesar de climas mais quentes e com déficits hídricos acentuados, está conseguindo elevadas produtividades. Nessas regiões, que ampliaram a fronteira agrícola para cultura do café, as lavouras passaram a ser implantadas em solos com topografia plana a ondulada, surgindo com isso a possibilidade de escolher o direcionamento cardinal das fileiras de plantio, sem a preocupação de aumentar a erodibilidade do solo, muito comum em topografias acidentadas.

Nas condições onde ocorrem diferenças no direcionamento das fileiras dos cafés, impostas por curvas de nível em solo acidentado, ou escolha aleatória em solos de topografia plana a levemente ondulados, observa-se marcantes diferenças relacionadas aos estados fitossanitário, nutricional, fisiológico e morfológico do crescimento e desenvolvimento de folhas e ramos, bem como de carga de frutos, entre os lados da planta, voltadas para as ruas (Alves & Livramento, 2003). Estas observações permitem concluir que os dois lados da planta, relacionados com o posicionamento solar, comportam-se como se pertencessem a diferentes lavouras.

Analisando o desenvolvimento da planta como um todo, percebe-se então que, apesar de rítmico, existe um controle endógeno mediado pelo clima, que confere um crescimento assíncrono, de modo que algumas partes estão crescendo enquanto outras estão inativas ou em baixa atividade. O entendimento entre as causas e os efeitos desse fenômeno permanece ainda desconhecidos.

Tendo em vista que o direcionamento das linhas de plantio do cafeeiro em relação aos pontos cardeais afeta o comportamento das plantas, o presente trabalho tem como objetivo de estudar o desenvolvimento fenológico e a produtividade da variedade Topázio MG1190, implantado em diferentes orientações cardeais, na região de Patrocínio, Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O cafeeiro apresenta flutuações sazonais de crescimento frequentemente associadas a fatores climáticos limitante, que em geral prevalecem em cada região de cultivo (Rena & Maestri, 1986, 1989; Nacif, 1997). Os componentes da planta mais influenciados pelo clima são a altura, o crescimento de ramos e o número de flores; e os elementos do clima que mais se correlacionam com os incrementos em altura e o comprimento dos ramos são a radiação solar, a evaporação, a temperatura média e a duração da máxima (Jaramillo & Valencia, 1980).

De maneira geral, nas regiões cafeeiras do Brasil como o Cerrado Mineiro e Sul de Minas Gerais, ocorre um crescimento vegetativo rápido na estação quente e chuvosa (setembro a março) e outro de baixa atividade na estação seca e fria (março a setembro) (Carvalho 1985; Amaral, 1991; Nacif, 1997). Este crescimento sazonal está bem estabelecido em termos de macroclima. Por outro lado, percebe-se dentro de uma mesma lavoura que o cafeeiro tem grande capacidade de se adaptar a variações do ambiente (microclima), mediante modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas, principalmente das folhas.

Verifica-se no trabalho de Gindel (1962), um dos poucos a estudar a influencia da direção das fileiras do cafeeiro em relação aos pontos cardeais, que folhas situadas do lado da planta que fica mais exposto ao sol, à tarde, apresentam crescimento reduzido devido às altas intensidades de radiação solar, associado às temperaturas elevadas. Santinato et al. (2003, 2001) aponta diferenças entre a produção e incidência de pragas e doenças entre os direcionamentos das linhas de café. Segundo esses autores em áreas frias, é notório o efeito de doenças nas faces Sul e em áreas quentes, o efeito da

escaldadura reduzindo a produtividade. Analisando as duas primeiras safras mostrou para a primeira, uma superioridade dos posicionamentos Leste – Oeste e Sudeste – Noroeste sobre os demais. Já na segunda, todos os direcionamentos apresentaram idênticas produtividades. Na média, os posicionamentos Sudeste – Noroeste e Leste - Oeste foram superiores, com produtividades de 69 e 76 sacas beneficiadas por hectare, contra médias de 59 e 62 sacas beneficiadas por hectare para as posições Norte – Sul e Nordeste – Sudoeste, respectivamente. Considerando que o incremento em irradiância causa elevação da temperatura foliar (Kumar & Tieszen, 1980) esta assume maior importância na fisiologia do cafeeiro do que propriamente a temperatura do ar (Rena & Maestri, 1986).

A literatura é escassa em termos de informações quanto à influência da localização das fileiras do café em relação a orientações dos pontos cardeais. Alves & Livramento (2003) após extensa revisão sobre o padrão de crescimento entre os lados das plantas voltados para as ruas de café, concluíram que eles se comportam como se fosse pertencentes a lavoura diferentes. Em uma lavoura onde um lado da linha de café recebia sol pela manhã e outro pela tarde, foi verificado, na parte da planta, que recebia sol no período da manhã, maior crescimento de ramos e de área foliar e ausência de sintomas de deficiência mineral. A coloração verde intensa das folhas estava correlacionada com maiores teores de clorofilas. Em relação ao estado fitossanitário, esta parte da planta apresentou menor ocorrência de lesões causadas pelo bicho-mineiro e maior infecção produzida pela ferrugem. Em adição a estas modificações, foram também observados, apesar da alta transpiração, elevados valores de potencial hídrico foliar, o que é característico de uma planta bem hidratada, menores temperaturas e baixa resistência estomática concomitantemente a maiores taxas fotossintéticas.

A outra parte da planta que estava exposta ao sol da tarde, apresentava menor crescimento de ramos e de folha e estas estavam visivelmente cloróticas

fato esse relacionado à intensa degradação de clorofila com a concomitante síntese de carotenóides, uma classe de pigmento acessório da fotossíntese que tem por função proteger as clorofilas da foto-oxidação. Essas folhas mostravam também maiores temperaturas, alta resistência estomática, baixas taxas fotossintética e transpiratória e baixos valores de potencial hídrico, apresentando, no entanto, turgescência foliar. Apesar dessas características aparentarem negativas, este lado da fileira do café produziu mais frutos que o outro lado que recebia sol pela manhã. A maior produção de frutos no lado da fileira que recebe sol no período da tarde confirma os resultados da literatura que mostram que as produções mais elevadas são em cafeeiros cultivados a pleno sol.

Estes autores concluíram que o clima exerce um forte efeito nas características observadas de modo que o lado que recebeu sol pela manhã, desenvolve-se mais e é característico de uma lavoura implantada em região de clima mais ameno, com menor nível de radiação (600 a $1000 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), temperatura na faixa de 18 a 22 °C e alta umidade relativa. Por outro lado, a outra parte da planta exposta ao sol da tarde, com menor desenvolvimento, mostrou características morfo-anatômicas de uma lavoura conduzida em ambiente com maior insolação ($> 2000 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), temperaturas superiores a 34 °C e baixa umidade do ar.

Encontram-se na literatura vários trabalhos investigativos envolvendo plantas com o cultivo de cafeeiros sombreados e a pleno sol. Carelli et al. (2001) estudando o efeito de diferentes níveis de sombreamento no crescimento e na produção do cafeeiro, observaram que a massa seca e a área foliar aumentaram com o nível de sombreamento, sem, contudo haver alterações na massa foliar específica pelo nível de radiação. Por outro lado, plantas cultivadas a pleno sol, apesar de ficarem com internódios e diâmetro de copa menor, apresentaram maiores produções de café. Mesmos em condições moderadas de sombreamento,

a produção das plantas foi menor do que a pleno sol, indicando com isto um baixo nível de radiação fotossinteticamente ativa.

A literatura cafeeira mostra em relação à fotossíntese que sob temperaturas acima de 35⁰C ela é quase nula (Alves, 1986); que em irradiação (DFFFA) acima de 600 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ela se satura (Alves, 1986) e que ela é maior em plantas sombreadas que a pleno sol. Por outro lado, os experimentos têm mostrado maior produção no lado das plantas expostas a estas condições. Vale salientar que há diferentes resultados, vantajosos e desvantajosos quanto à fotossíntese no cafeeiro quando se compara cultivos a pleno sol com o cultivo sombreado. De acordo com Miranda et al., 1999, o cafeeiro apresenta uma plasticidade adaptativa. Cafeeiros cultivados a pleno sol apresentam maior taxa fotossintética o que pode acarretar uma maior fotorrespiração, por outro lado, cafeeiros sombreados podem ter uma maior taxa fotossintética ao permitir a redução do déficit de pressão de vapor (DPV) da atmosfera diminuindo dessa forma as possíveis variações que ocorrem com a temperatura foliar, promovendo uma maior abertura estomática, conseqüentemente, maior fluxo de CO₂ para as células do mesofilo foliar refletindo em uma maior atividade carboxilase da Rubisco (DaMatta, 2004; Beer et al., 1997; Alves, 1986).

Alves & Livramento (2003) explicam que em lavouras cultivadas a pleno sol, existe um gradiente decrescente de temperatura e irradiação das folhas mais periféricas em direção às mais internas. Assim o cafeeiro que apresenta uma adequada estrutura de dossel e que permite uma boa transmissão de luz e de calor, a maioria das folhas recebe sombra moderada e alcançam taxas fotossintéticas mais elevadas. Desse modo, como o incremento em matéria seca das flores e dos frutos depende prioritariamente da fotossíntese corrente e não das reservas de carboidratos acumulados no ano anterior, à manutenção de uma área foliar fotossinteticamente ativa garante boa produtividade. Concluem também com base nos trabalhos de Castillo & Lopez (1996), Cannel (1976) e

Huxley, (1970), que a diferenciação floral é maior a pleno sol que a sombra. Para DaMatta et al. (2001) o sombreamento excessivo pode reduzir a produtividade da lavoura, uma vez que promove menor fotossíntese global da planta, maior estímulo à formação de gemas vegetativas em detrimento das reprodutivas e menor número de nós por ramo (que é o principal componente da produção) e de gemas florais por nó.

Comparando-se cafeeiros cultivados sob sombra com aqueles a pleno sol, observa-se uma plasticidade bastante grande das folhas pelas variações morfológicas e anatômicas apresentadas. De acordo com Moraes et. al. (2003), as folhas expostas ao sol apresentam cutículas e paredes celulares mais espessas, células da epiderme mais estreitas, parênquima paliádico com células mais alongadas, parênquima lacunoso espesso e com poucos espaços intercelulares e maior número de estômatos. Segundo os autores, as características observadas no aparato estomático e mesofílico atribuem às plantas cultivadas a pleno sol maior atividade fotossintética, que por sua vez pode implicar em maiores ganhos produtivos. Corroboram as idéias e os experimentos citados da relação com o crescimento de cafeeiros arábica e o nível de nitrogênio, irradiância, efeitos da luz e da temperatura na atividade fotossintética e maior produtividade os autores Marur & Faria (2003), Fahl et al. (1994), Kumar & Tieszen (1980) e Nutman (1937).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada no Município de Patrocínio e conduzido de outubro de 2002 a outubro de 2004, em um talhão de cafeeiro cultivar Topázio MG 1190 de dois anos de idade, no espaçamento de 3,0 x 0,70 m.

3.1 Histórico e caracterização do material vegetal

Em 1974, no Instituto Agronômico de Campinas - IAC, foram realizados cruzamentos da cultivar “Catuaí amarelo” com seleções da ‘Mundo Novo’, com o objetivo de selecionar plantas de cafeeiros mais produtivas, precoces e uniformes em maturação. Em 1978, foram introduzidas em Minas Gerais, pela EPAMIG, diversas progênies segregantes desses cruzamentos, conduzidas pelo método de seleção individual com teste de progênies e estudadas quanto ao comportamento nas diferentes regiões cafeeiras do Estado. Nas várias gerações, selecionaram-se sempre para porte baixo, uniformidade de maturação dos frutos e arquitetura da planta. As avaliações das populações que deram origem à seleção denominada “Topázio”.

A cultivar Topázio possui as seguintes características semelhantes a “Catuaí”: a maturação dos frutos é uniforme e intermediária entre “Catuaí” e “Mundo Novo”, os frutos, quando maduros, são de cor amarela, o porte é baixo, alcançando aos 12 anos altura pouco superior a 2,0 m e diâmetro médio de copa de 2,0 m, as ramificações produtivas primárias e secundárias são abundantes, apresentando maior ângulo de inserção com a base principal, o que permite melhor arejamento e penetração de luz no interior da copa, possui excelente

produtividade e alto vigor vegetativo, sem apresentar depauperamento precoce ou seca de ramos produtivos.

3.2 Condições gerais da área experimental

3.2.1 Características do solo

O solo onde foi implantada a lavoura foi caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa, originalmente, sob vegetação de cerrado. A área de relevo suave ondulado está situada a uma altitude de 934 m, latitude 18° 57' S, longitude de 47° 00' W e apresenta uma precipitação média anual de 1372 mm de chuva, concentrada nos meses de outubro a março e uma temperatura média anual de 21,8 °C onde o clima é classificado com Cwa, segundo a classificação de Köppen.

Para caracterização do solo foi coletada amostras na área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade que foram analisadas química e fisicamente (Tabela 1).

TABELA 1 Características químicas e físicas da amostra superficial (0 a 20 cm) do LV e da área experimental, coletada em Julho de 2000.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
pH (H ₂ O)	5,1
P ^(a) (mg/dm ³)	traços
K ^(a) (mg/dm ³)	50,0
Ca ^(b) (mmolc/dm ³)	3,0
Mg ^(b) (mmolc/dm ³)	1,0
Al ^(b) (mmolc/dm ³)	5,0
M. O ^(c) (g/kg)	29,0
Cu ^(a) (mg/dm ³)	2,0
Fe ^(a) (mg/dm ³)	35,0
Mn ^(a) (mg/dm ³)	9,0
Zn ^(a) (mg/dm ³)	traços
Classe textural	Argilosa

3.2.2 Características ambientais

Os dados climatológicos aqui representados foram obtidos segundo o Boletim Agrometeorológico do Café – publicado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café segundo Meirelles et al. (2004) no site:

http://www22.sede.embrapa.br/cafe/consorcio/boletim/dados/Resenha_Agrometeorologica122004.pdf

Balanço hídrico decenal de 2004: mostra que no período de janeiro a julho houve um excedente hídrico de 869 mm e um déficit hídrico de 221 mm entre maio e dezembro e de apenas 2 mm e]m dezembro (Figura 1).

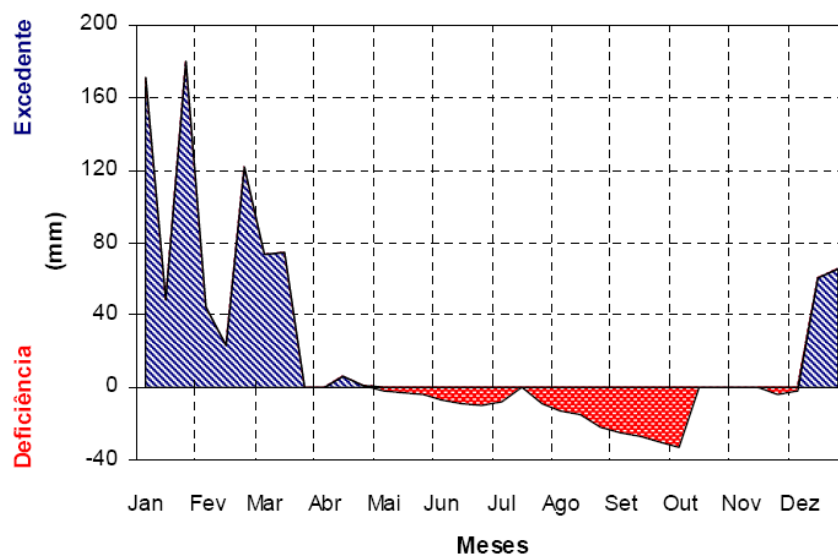


FIGURA 1 Extrato simplificado do balanço hídrico decenal, janeiro a dezembro de 2004, CAD=100 mm, Patrocínio, MG, Meirelles et al. (2004).

Deficiência hídrica acumulada no ano de 2004: este ano apresentou menor deficiência hídrica que os anos de 2002 e 2003 (Figura 2). Em dezembro de 2004, esta atingiu 221 mm, ficando abaixo dos valores observados no mesmo período de 2002 (333 mm), 2003 (230 mm) e da média histórica (281 mm).

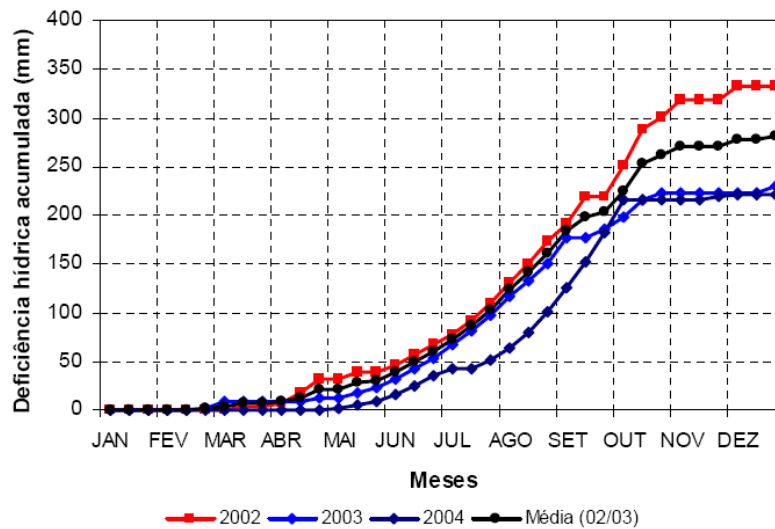


FIGURA 2 Deficiência hídrica acumulada para os anos de 2002 a 2004 para a localidade de Patrocínio, MG. Meirelles et al. (2004).

Temperatura média do ar: a temperatura média do ar ocorrida em dezembro foi de 22,7 °C, ficando 0,1 °C abaixo que a média histórica (22,8 °C) para o mesmo período (Figura 3). Neste ano a menor temperatura no mês de julho de 14,0 °C, sendo 4,1 °C menor que a média histórica (18,1 °C) para o mesmo período e de 26 °C em novembro.

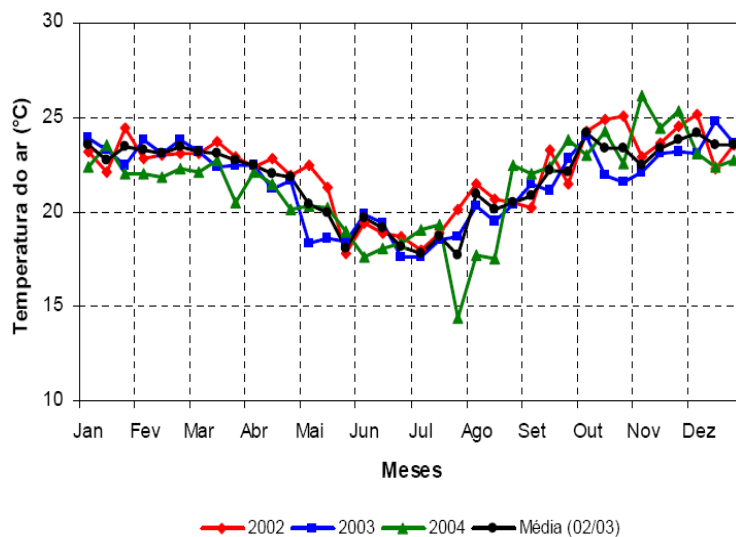


FIGURA 3 Temperaturas médias decendiais dos anos de 2002 a 2004 comparadas com a média histórica para a região de Patrocínio, MG. Meirelles et al. (2004).

Armazenamento de água no solo: De maneira geral a água armazenada no solo caiu a partir de fevereiro a março chegando a um mínimo nos meses de setembro a novembro, vindo a subir novamente refletindo o regime hídrico da região subtraindo a água evapotranspirada (Figura 4). No terceiro decêndio de dezembro (21 a 31/12) atingiu o limite máximo de 100 mm, valor este, semelhante ao ocorrido em 2002 e maior que o de 2003 (69 mm).

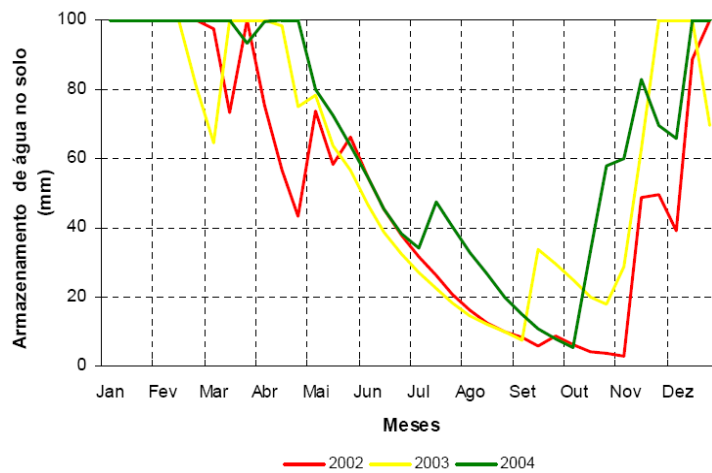


FIGURA 4 Armazenamento de água no solo para os anos de 2002 a 2004 para a localidade de Patrocínio, MG. Meirelles et al. (2004).

3.3 Descrição dos tratamentos, delineamento experimental e condução do experimento

A lavoura foi implantada em março de 2000, em linhas posicionadas nos sentidos Norte – Sul ($0^{\circ} - 180^{\circ}$), Nordeste – Sudoeste ($45^{\circ} - 225^{\circ}$), Leste - Oeste ($90^{\circ} - 270^{\circ}$), Sudeste – Noroeste ($135^{\circ} - 315^{\circ}$) em relação ao norte verdadeiro (Figuras 5).

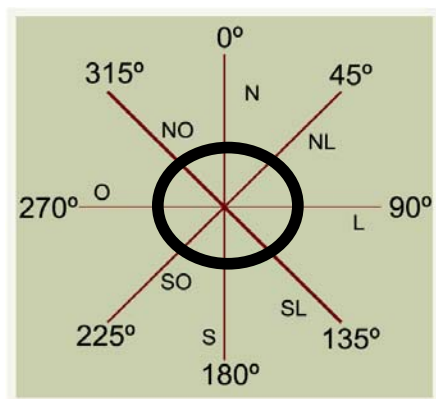


FIGURA 5 Esquema do posicionamento das linhas de plantio em relação ao norte verdadeiro (Norte – Sul, 0 – 180°, Nordeste – Sudoeste, 45° – 225°, Leste - Oeste 90° – 270°, Sudeste – Noroeste 135° – 315°)

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, onde foram estudados o comportamento da lavoura nas quatro direções das linhas de plantio (Norte – Sul, 0 – 180°, Nordeste – Sudoeste, 45° – 225°, Leste - Oeste 90° – 270°, Sudeste – Noroeste 135° – 315°), que proporcionaram oito tratamentos ou modalidades de exposição à irradiância solar, leste (L), oeste (O), norte (N), sul (S), sudeste (SL), noroeste (NO), nordeste (NL) e sudoeste (SO), respectivamente.

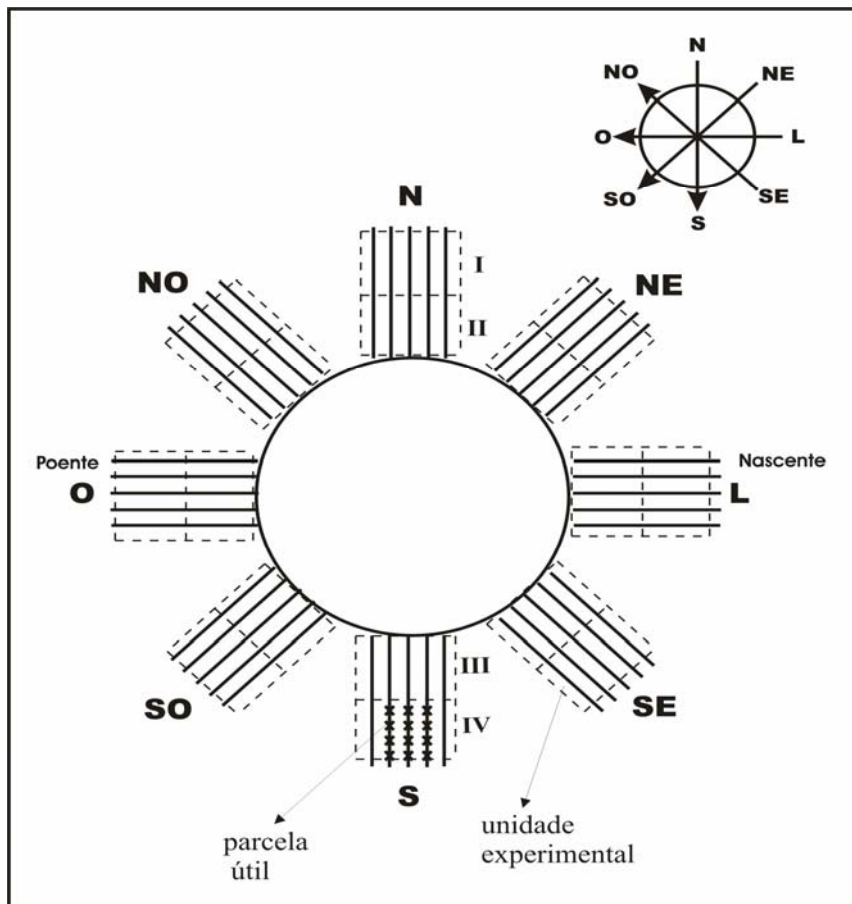


FIGURA 6 Representação esquemática demonstrando as quatro direções das linhas de plantio (N-S, NE-SO, L-O e SE-NO) e os oito tratamentos ou modalidades de exposição à irradiância solar, norte (N), nordeste (NE), leste (L), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O), noroeste (NO), situando a unidade experimental e a parcela útil avaliadas no experimento.

A condução do experimento ocorreu de acordo com o calendário agrícola da cultura, recebendo todos os tratos culturais pertinentes para cada época, com adubações calibradas em função da análise de solo e foliar. No ano

de plantio dividiu-se a dose de adubo aplicada em cobertura em dois parcelamentos. A partir do 1º ano pós-plantio as adubações foram feitas em cinco parcelamentos (out., dez., jan., fev. e mar.). O boro foi sempre aplicado no solo em dois parcelamentos de bórax, em outubro e fevereiro e o zinco em quatro pulverizações anuais aplicadas em alto volume com solução de sulfato de zinco a 0,5% em agosto novembro, fevereiro e maio, da forma semelhante, em todos os tratamentos.

O controle de pragas e doenças, quando necessário, foi realizado de acordo com a intensidade do ataque, baseado em amostragem de campo. Anualmente, em abril e em junho após a colheita, foram feitas aplicações foliares para controle do “bicho mineiro” e em dezembro e janeiro, pulverizações contra a “broca dos frutos”, conforme as recomendações para a cultura. Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março foram feitas aplicações com oxiclreto de cobre a 1,0% para o controle da “ferrugem do cafeeiro” e anualmente, após a colheita foram feitas podas de limpeza (desbrotas).

As parcelas experimentais foram mantidas livres de plantas daninhas, através de capinas manuais na linha de plantio e uso de herbicidas na entre linha. Nos meses de maio e julho foram feitas “arruação” e após a colheita a esparramação”, respectivamente.

3.4 Avaliações

As avaliações foram iniciadas em outubro de 2002 quando as plantas apresentavam-se com dois anos de idade e, a partir daí, mensalmente, nos dois lados das plantas no sentido transversal à linha de plantio, ou seja, voltados para as ruas adjacentes, sempre que pertinentes. A unidade experimental foi constituída de cinco fileiras com 15 plantas, sendo considerada como parcela útil quatro plantas consecutivas das três fileiras centrais (Figura 6).

3.4.1 Crescimento vegetativo

Foram avaliadas as seguintes características de crescimento vegetativo: altura das plantas; número de folhas, número de nós e comprimento de dois ramos plagiotrópicos, situados no terço superior e em lados opostos da planta; diâmetro de copa medido no sentido transversal a linha de plantio, tomando-se como referência, as pontas dos ramos plagiotrópicos do terço inferior da planta.

3.4.2 Potencial hídrico e trocas gasosas

As avaliações foram feitas em dias predominantemente claros a fim de se detectar possíveis variações sazonais dessas características. Para essas medidas foram utilizadas folhas completamente expandidas situadas no terço superior e inferior da planta, posicionadas entre o segundo e quarto internódios do ramo, nos dois lados das plantas, no sentido transversal a linha de plantio.

O potencial hídrico de antemanhã (Ψ_w máximo) foi realizado entre 5 e 6 horas e ao meio dia, com o auxílio de uma câmara de pressão tipo Scholander (Soil Moisture – Modelo 3005)

Para medições de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos ($DFFFA - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura foliar ($T_f - ^\circ\text{C}$), condutância estomática ($g_s - \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração ($E - \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 foram realizadas utilizando-se um analisador portátil de gás ao infravermelho (IRGA), modelo ADC LCA 4 (Hoddesdon, UK).

3.4.3 Produção

As colheitas foram realizadas separadamente, considerando-se os dois lados das plantas voltadas para a rua, quando os frutos apresentaram mais de 90% no estágio de “cereja”. No ato da colheita foi determinado o peso dos frutos na forma de “café da roça” por parcela. Deste foi retirado uma amostra de 2 kg,

que foi secada até 12 % de umidade, e posteriormente beneficiada e pesadas, para posterior transformação desses dados em sacas de 60 kg de café beneficiadas por hectare.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Crescimento vegetativo

Independentemente da direção das linhas de plantio, observa-se que as plantas apresentaram nos dois anos de avaliação, um crescimento em altura segundo um padrão sazonal, com taxas acentuadas entre os meses de outubro a maio, intercaladas por um período de crescimento lento entre os meses de maio a setembro (Figura 7). Apesar da semelhança no padrão de crescimento, ao final de dois anos de avaliação, verifica-se que os melhores alinhamentos foram NE-SO e SE-NO, seguidos de L-O e por último N-S. Este último alinhamento ficou prejudicado por apresentar as menores taxas no período de crescimento lento.

De maneira geral, o maior diâmetro da copa apresentou um acréscimo contínuo de outubro a maio de 2004, quando então mostrou uma paralisação no crescimento até o fim das avaliações (Figura 8). Ao final do primeiro ano, destacaram-se os alinhamentos L-O e SE-NO, ficando em um segundo grupo, as disposições N-S e NE-SO. No segundo ano, os melhores direcionamentos, em ordem decrescente foram N-S, L-O, SE-NO e NE-SO. Interessante destacar que ao final do experimento, o melhor (N-S) e o pior (NE-SO) posicionamento de plantio para essa característica, foram aqueles que permitiram os menores e maiores crescimentos em altura (Figura 7).

Esses resultados mostram uma inversão no particionamento de matéria seca relacionados a altura e diâmetro de copa.

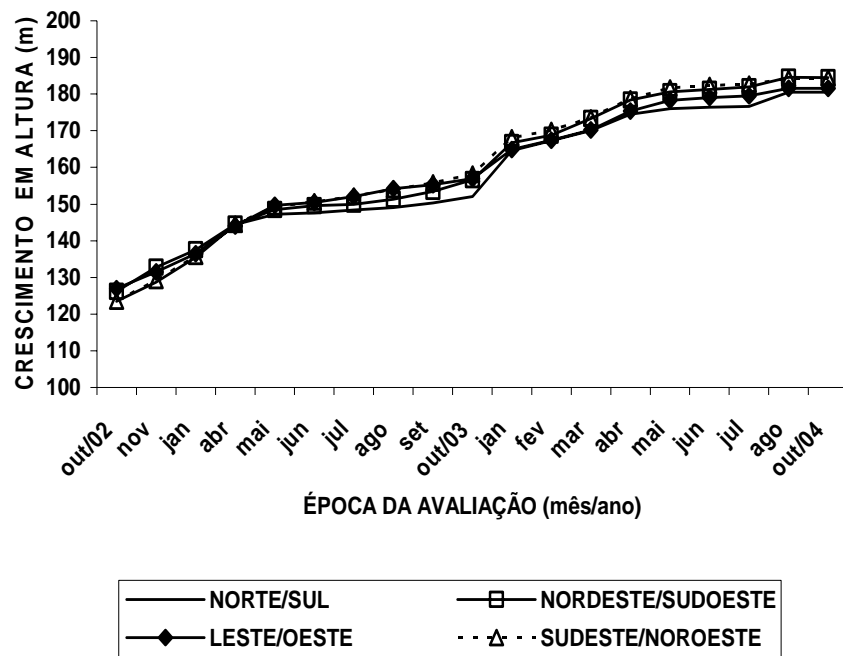


FIGURA 7 Evolução da altura de plantas de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO).120%

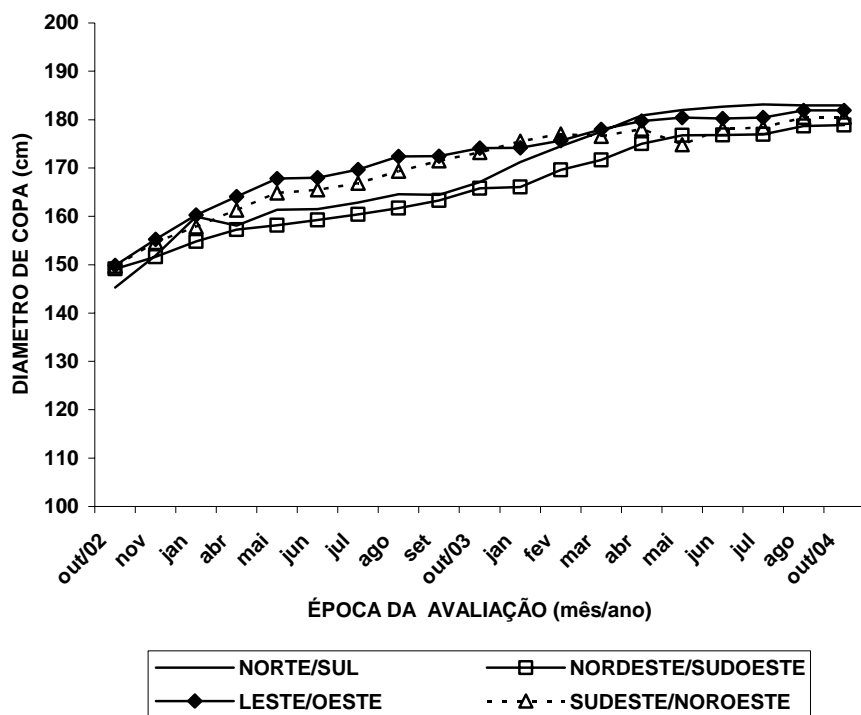


FIGURA 8 Evolução do diâmetro de copa de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO).

O diâmetro da copa na região da saia do cafeeiro mostrou-se assimétrico entre os dois lados das plantas voltados para a linha de plantio, influenciando com isto, o seu respectivo raio, representado pelos maiores ramos inferiores da copa (Figura 8). Na face da planta que recebeu sol predominantemente na parte da manhã, o comprimento desses ramos no ano de 2003, foi positivamente influenciado quando as linhas de plantio estavam posicionadas nos sentidos L-O e SE-NO, refletindo em maior diâmetro (Figuras 10 e 11). Já para o ano seguinte, o raio oscilou entre os posicionamentos, sendo que o sentido SE-NO e

NE-SO foram os que menos favoreceram o crescimento do ramo basal. Na parte da planta onde predominou o sol da tarde, o crescimento desse tipo de ramo foi mais diferenciado e regular entre os anos sendo os posicionamentos N-S e SE-NO, os que mais favoreceram o crescimento (Figuras 12 e 13). Ao final do experimento o maior crescimento dos ramos basais das plantas no sentido N-S foi o responsável pelo maior diâmetro de copa (Figura 8 e 9) enquanto que o posicionamento NE-SO levou ao crescimento reduzido dos ramos e com isso o menor diâmetro de copa observado (Figura 8 e 9).

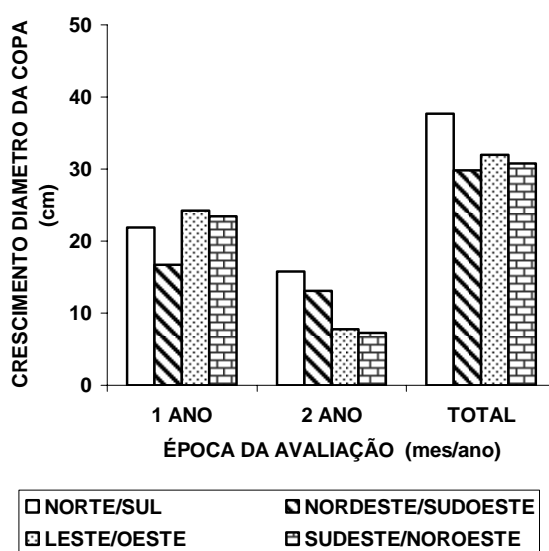


FIGURA 9 Crescimento do diâmetro de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) durante os primeiros dois anos de produção.

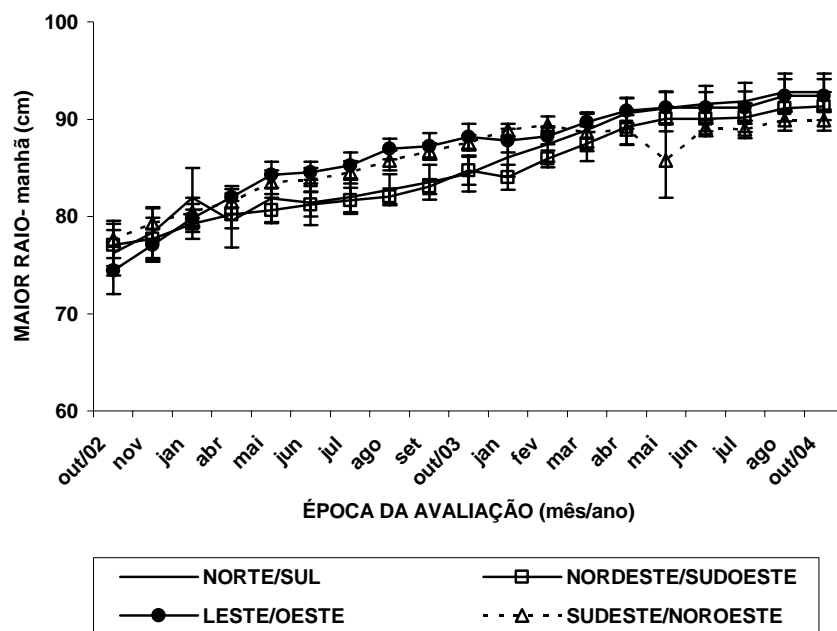


FIGURA 10 Evolução do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).

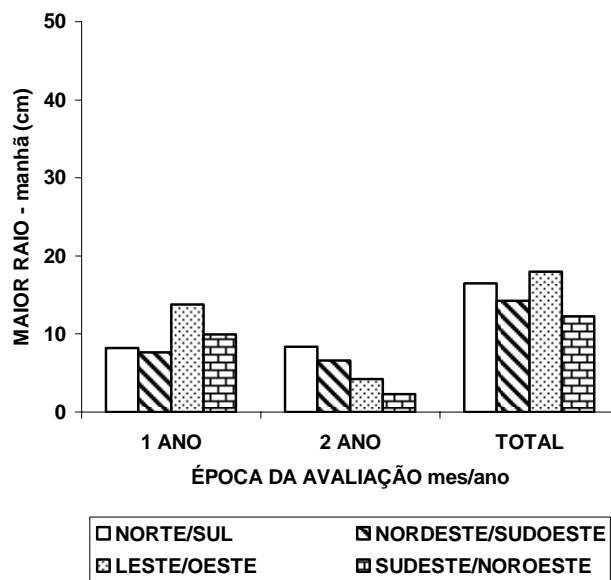


FIGURA 11 Crescimento do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da manhã durante os primeiros dois anos de produção.

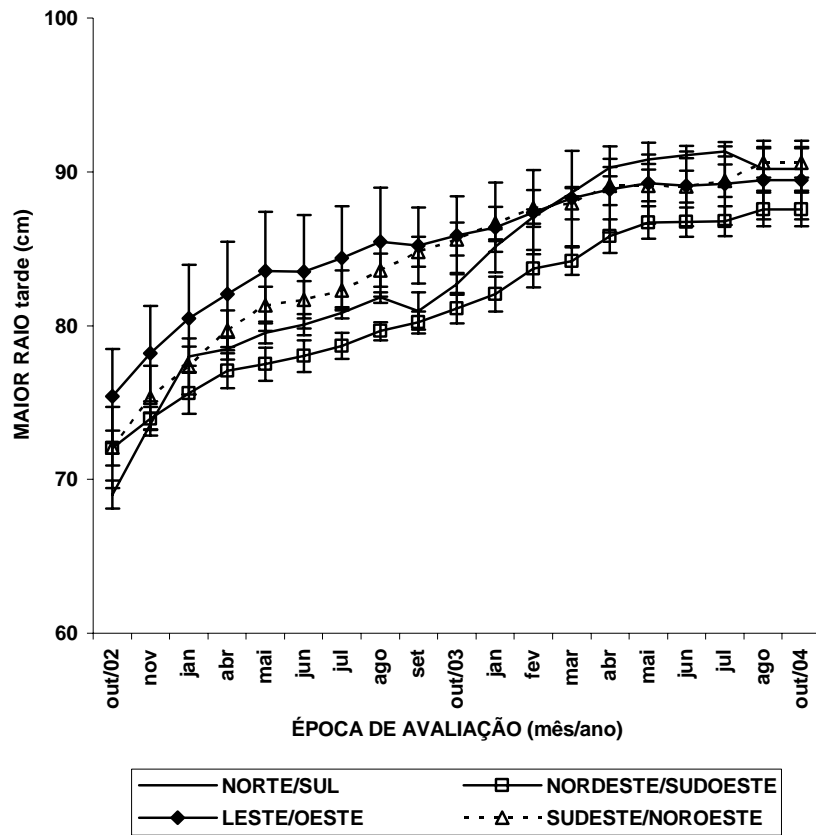


FIGURA 12 Evolução do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).

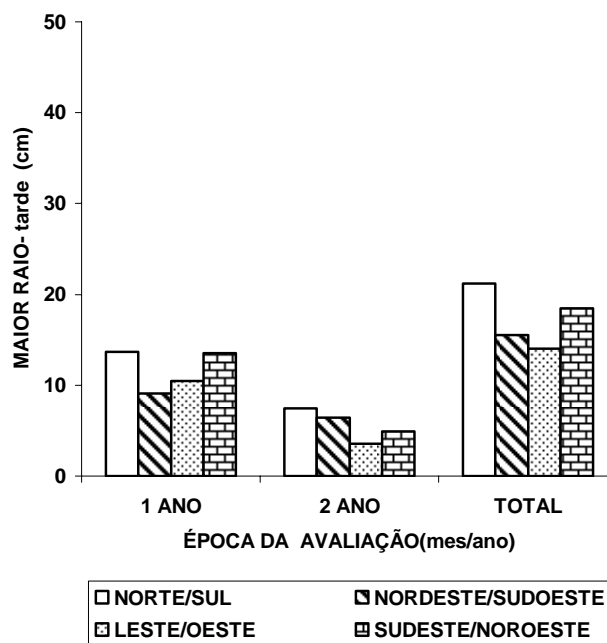


FIGURA 13 Crescimento do maior raio de copa de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado no período da tarde durante os primeiros dois anos de produção.

O maior diâmetro da copa nos dois anos de avaliações atingiu o valor médio de 1,8 m (Figura 8). Isto significa que para o fechamento total da rua, existem ainda disponíveis 1,2 m, considerando que o espaçamento é de 3,0 metros. Uma vez que os ramos basais experimentaram nos dois anos de avaliação um incremento de 30 cm; que se encontra em crescimento, e ainda não atingiram o seu máximo crescimento vegetativo; e que as plantas no sentido das ruas ainda não se encontravam auto-sombreadas, essas taxas e diferenças de crescimento relacionadas ao posicionamento das fileiras, podem ser atribuídas

ao micro-clima formado nessa região da copa ou à competição com o crescimento reprodutivo.

Com relação ao crescimento dos ramos no terço médio (Figuras 14, 15, 16, 17,18 e 19), verifica-se que os mesmos estavam em plena atividade metabólica, uma vez que o diâmetro formado no sentido das ruas aumentou em média, nos dois anos de avaliação, 70 cm, ou seja, 2,3 mais que os ramos basais que cresceram apenas 30 cm (Figura 8). Esse crescimento foi praticamente contínuo do início do experimento até maio de 2004, quando então atingiu um patamar até o final das avaliações (Figura 14).

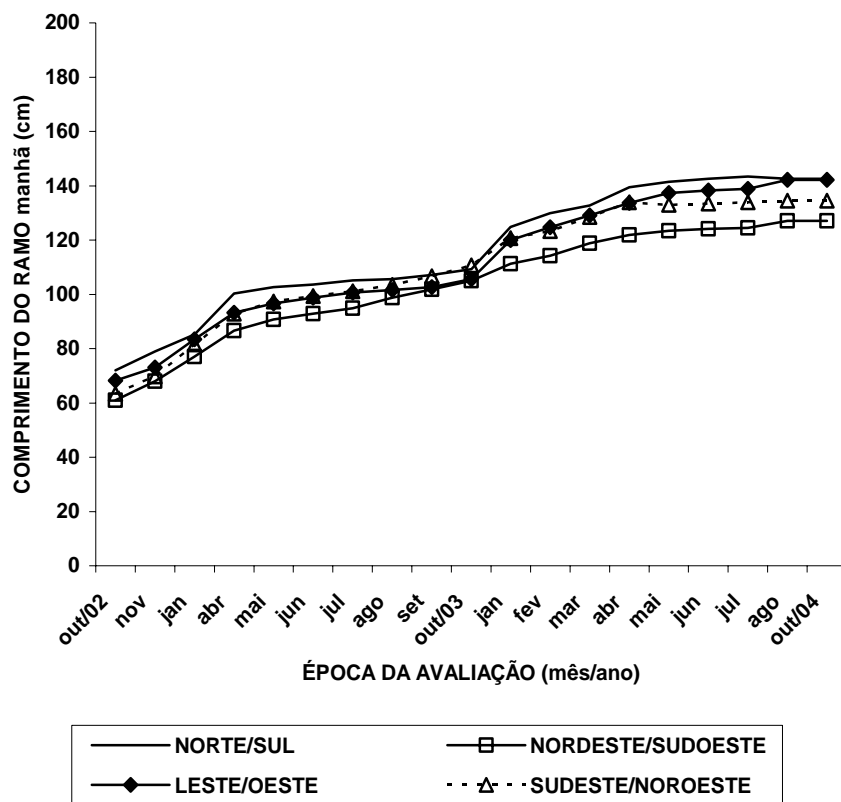


FIGURA 14 Evolução do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã.

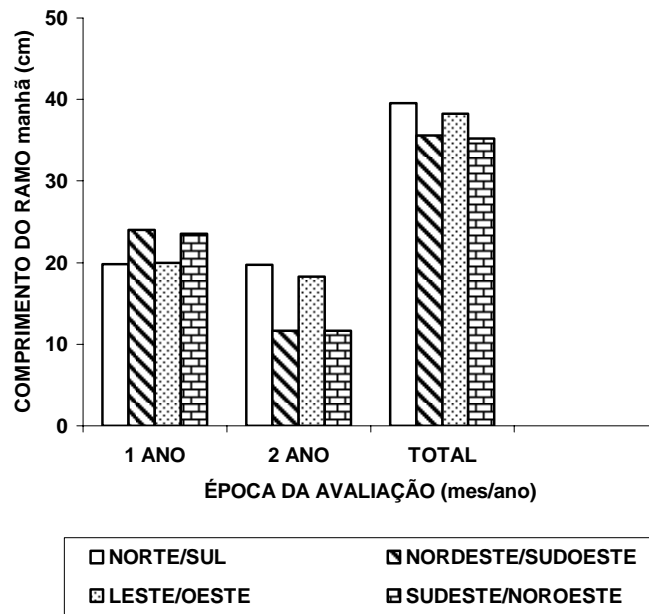


FIGURA 15 Crescimento do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.

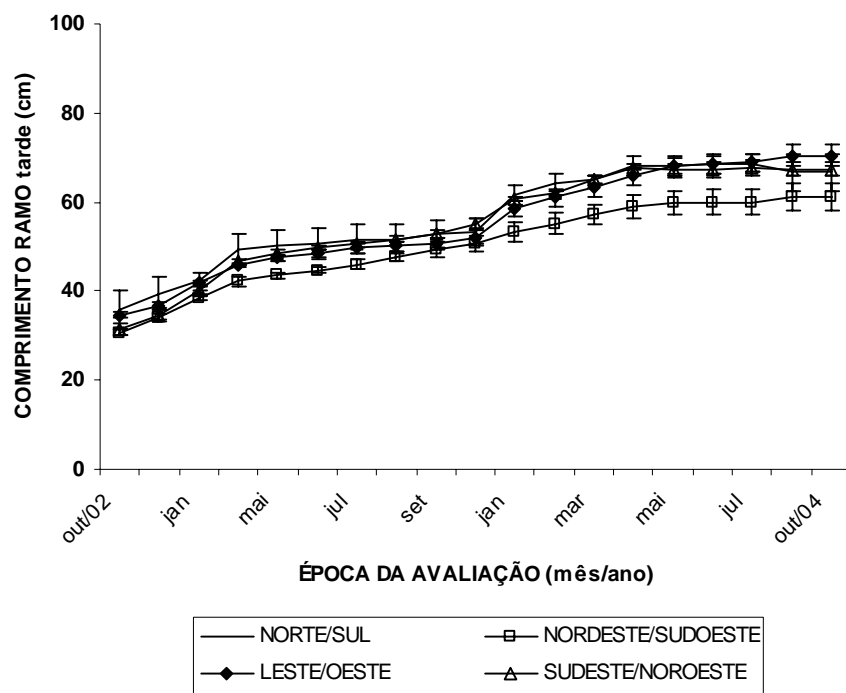


FIGURA 16 Evolução do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).

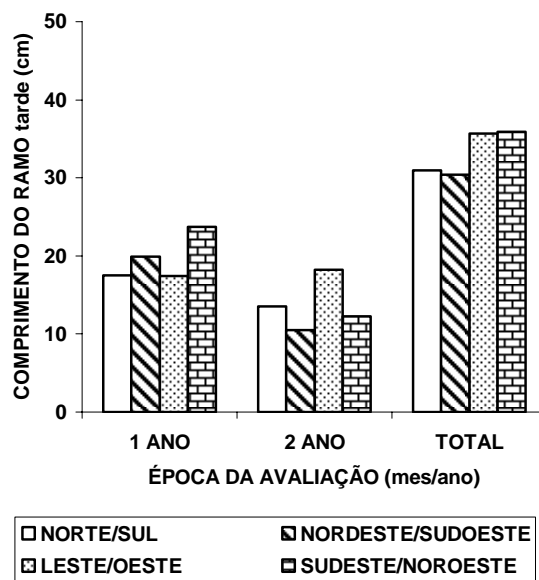


FIGURA 17 Crescimento do comprimento de ramo de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

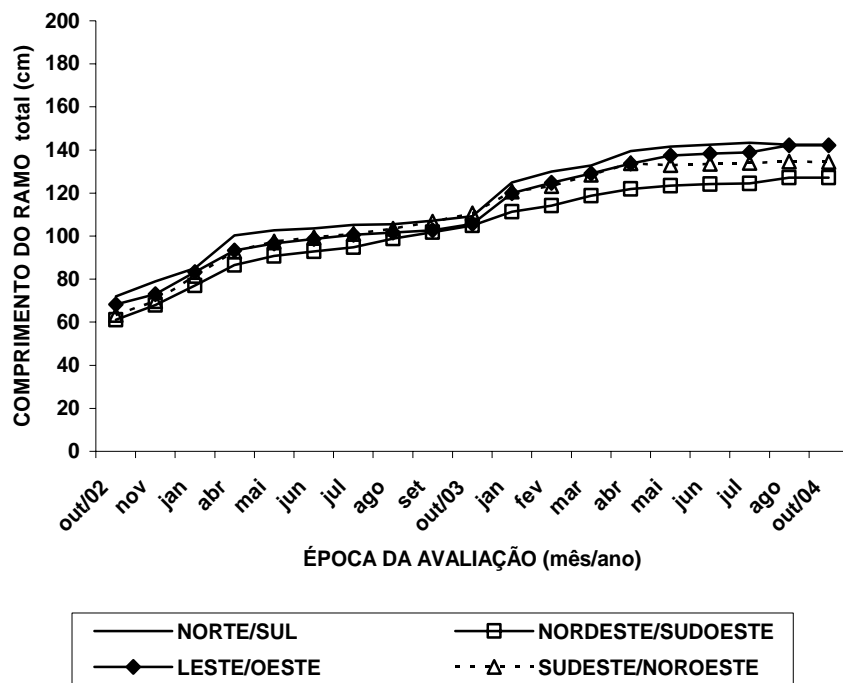


FIGURA 18 Evolução do comprimento total dos ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos ramos medidos no período da manhã e da tarde.

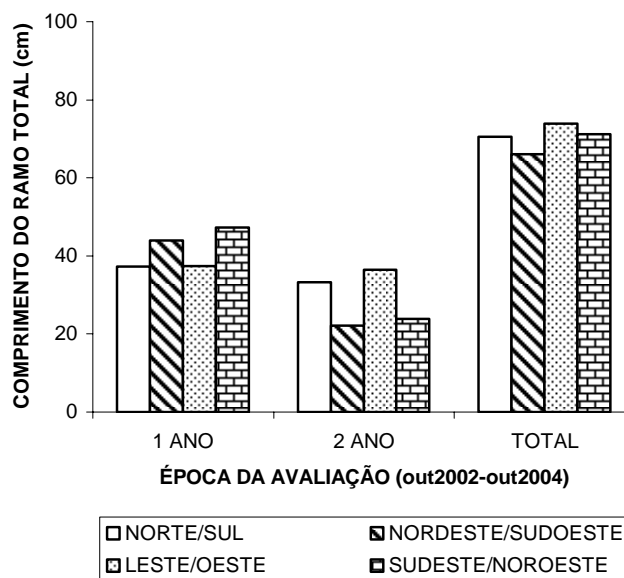


FIGURA 19 Crescimento total dos ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos ramos medidos no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

Ao final do primeiro ano o comprimento dos ramos foram os mesmos, independentemente do posicionamento das linhas de café. Já para o segundo ano, as direções de linhas N-S e L-O foram as que mais se destacaram, ficando em posição intermediária SE-NO e por último NO-SE (Figuras 18 e 19). De maneira semelhante aos ramos basais, esses ramos da parte superior da planta mostraram um crescimento assimétrico que variou de acordo com o posicionamento das fileiras. O lado da planta que recebeu sol pela manhã cresceu mais quando a lavoura foi implantada no sentido N-S, seguido do posicionamento L-O e finalmente, SE-NO e NE-SO (Figuras 14 e 15). Na parte da planta com predomínio solar a tarde, verifica-se que os sentidos das fileiras

não influenciaram o crescimento dos ramos, a exceção do posicionamento NE-SO que foi menos favorecido (Figuras 16 e 17). O mesmo padrão diferenciado de crescimento nos dois lados das plantas foi verificado para os ramos basais (Figuras 12 e 13). Isto significa que o microclima para as fileiras posicionadas no sentido NE-SO não é favorável ao desenvolvimento vegetativo do cafeeiro nos dois sentidos das fileiras.

No que se refere aos nós presentes nos ramos do terço superior das plantas, a exceção do NE-SO, todos os outros posicionamentos proporcionaram um acréscimo satisfatório no seu número em ramos voltados para os dois lados da rua (Figuras 16,17,18,19,20 e 21) sem afetar o padrão em cada lado. É importante destacar a grande atividade metabólica experimentadas pelas plantas, uma vez que houve um acréscimo médio de 20 nós nos ramos superiores, para cada lado da planta.

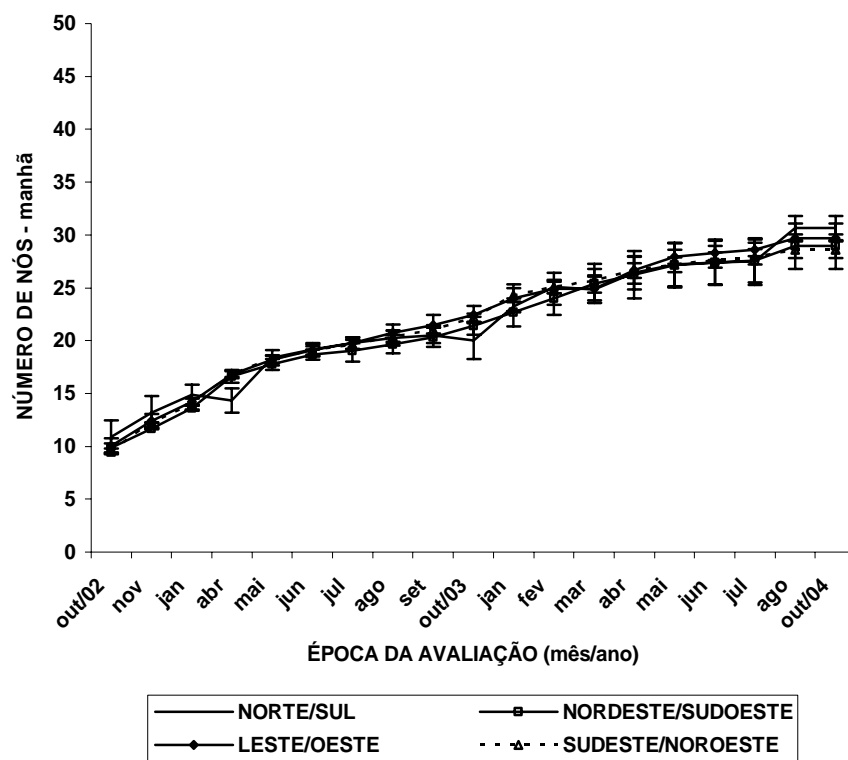


FIGURA 20 Evolução no número de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).

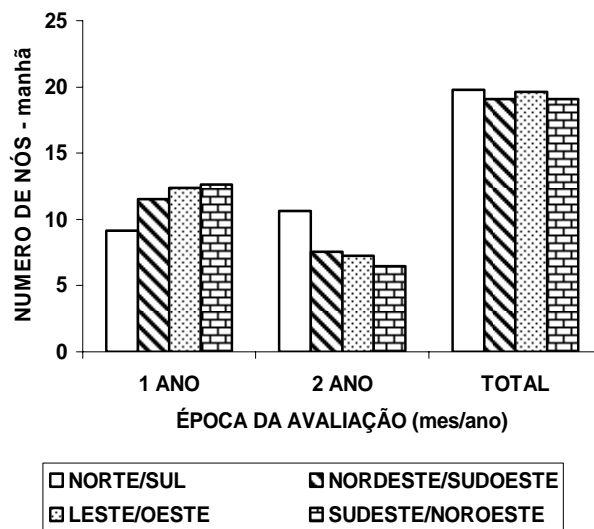


FIGURA 21 Formação de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.

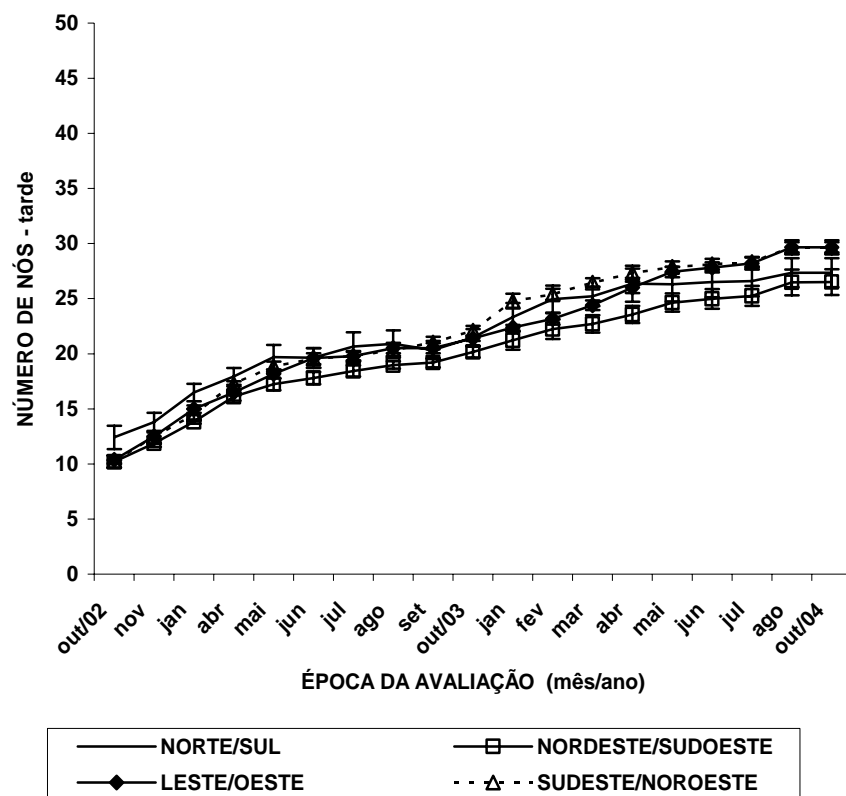


FIGURA 22 Evolução no número de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).

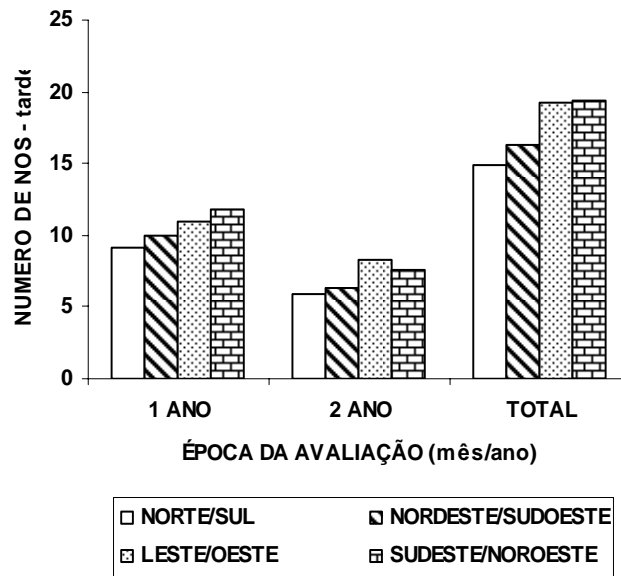


FIGURA 23 Formação de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

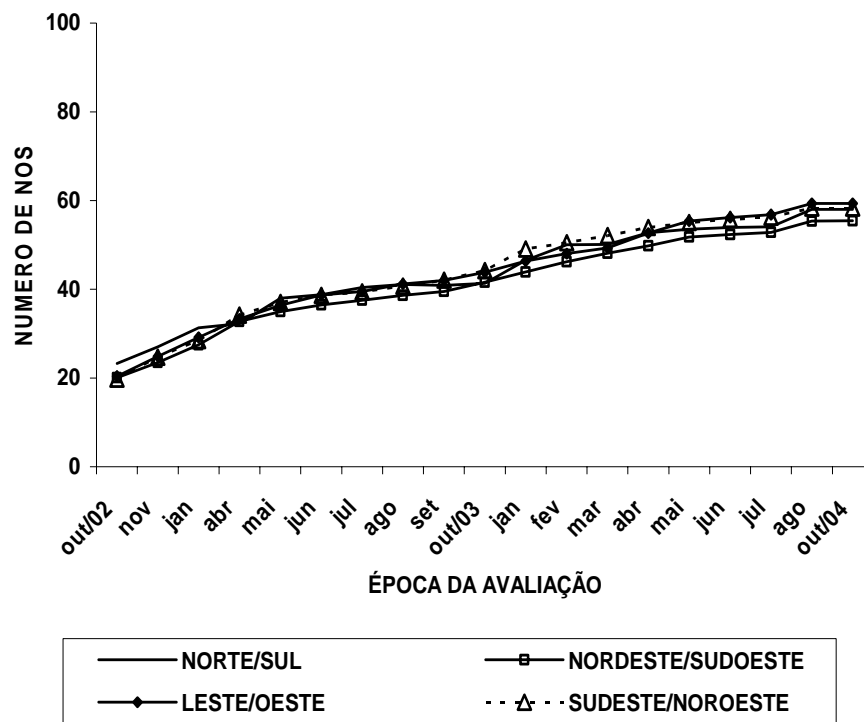


FIGURA 24 Evolução no número total de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos nós quantificados no período da manhã e da tarde.

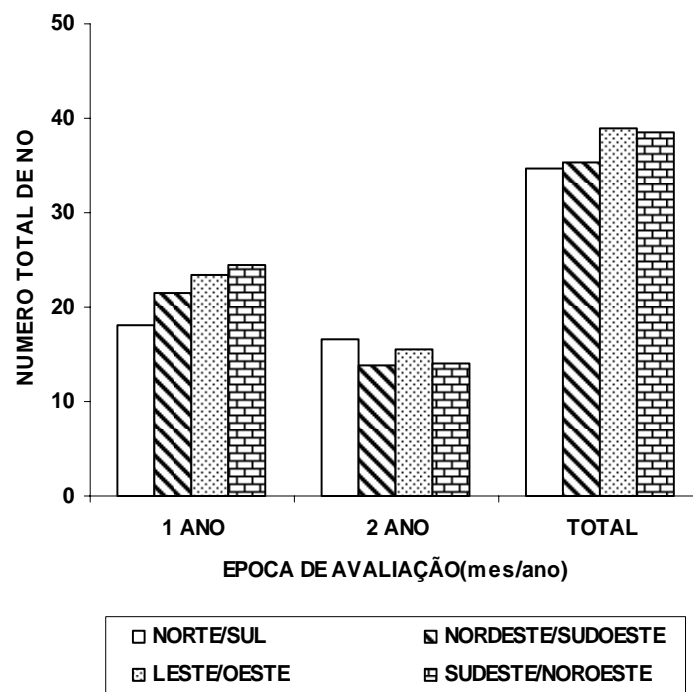


FIGURA 25 Formação total de nós em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório dos nós quantificados no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

Em relação ao enfolhamento do café, verifica-se que nos dois anos consecutivos, independentemente do sentido das fileiras, houve um acréscimo do número de folhas até meados de maio, caindo sensivelmente após a colheita, vindo a subir novamente a partir do mês de setembro (Figura 31 e 32). Ao final do experimento, houve uma variação no número de folhas em função do posicionamento das linhas, de modo que plantas provenientes de linhas no sentido L-O, SE-NO se encontravam mais enfolhadas que aquelas plantadas na

direção N-S e principalmente NE-SO. A título de informação existiam 14 folhas a mais nas plantas do posicionamento L-O que aquelas do NE-SO. O maior número de folhas presentes nas plantas no sentido L-O como se viu, reflete o número de nós existentes (Figura 24 e 25) e o comprimento do ramo (Figura 18 e 19). Este posicionamento das fileiras coloca a disposição das plantas, uma maior área fotossintética para a produção de fotoassimilados. A maior exposição à radiação solar pela manhã ((Figura 27 e 28) ou a tarde (Figura 29 e 30), não afetou o número de folhas,

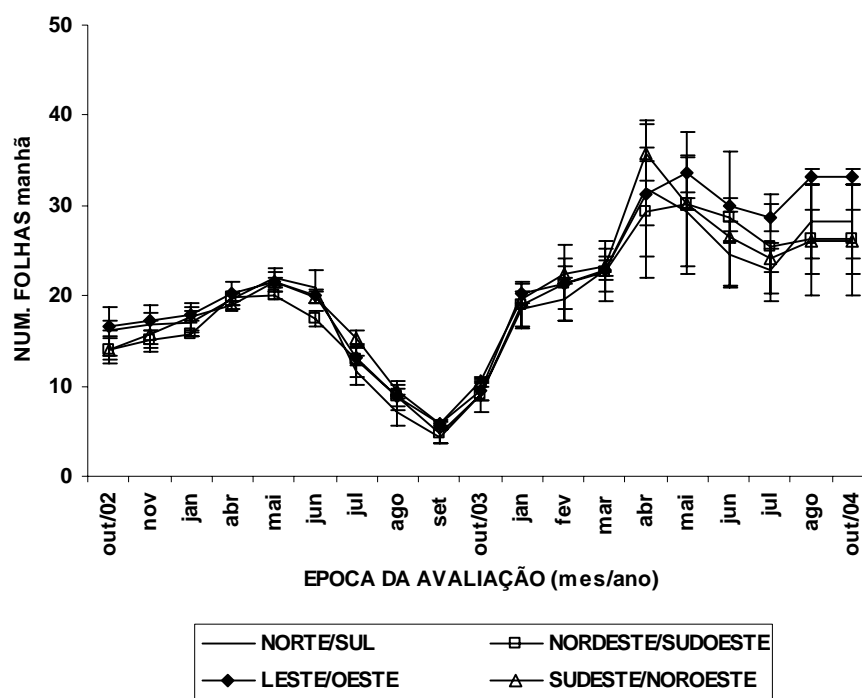


FIGURA 26 Evolução no número de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã. (As barras representam o erro padrão da média).

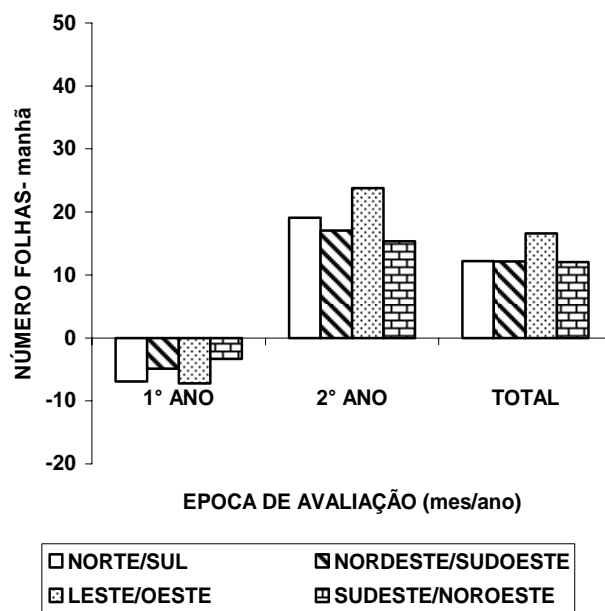


FIGURA 27 Formação de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da manhã durante os dois primeiros anos de produção.

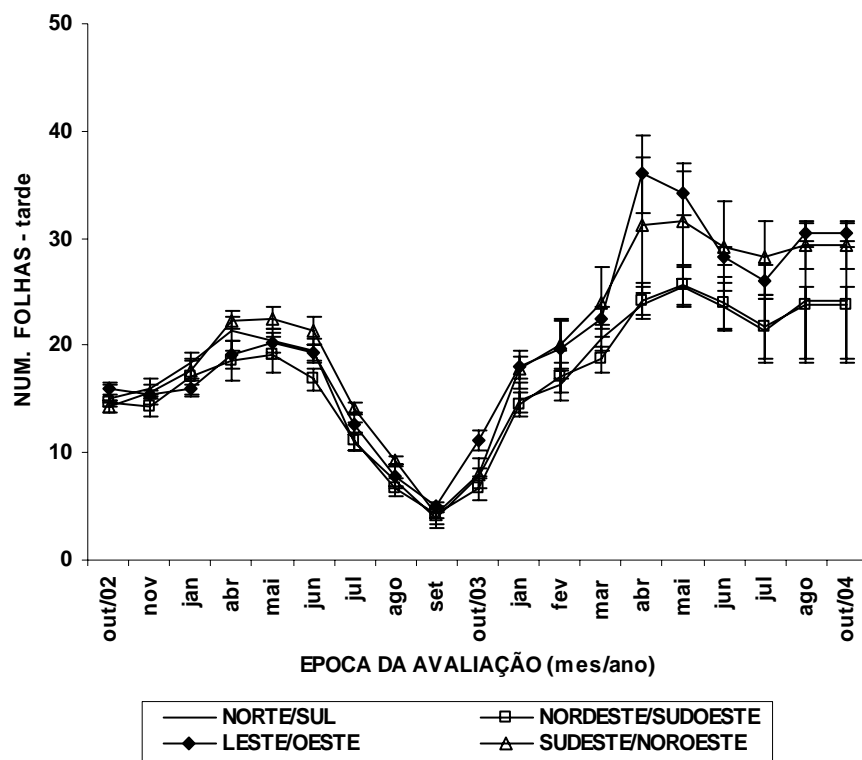


FIGURA 28 Evolução no número de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde. (As barras representam o erro padrão da média).

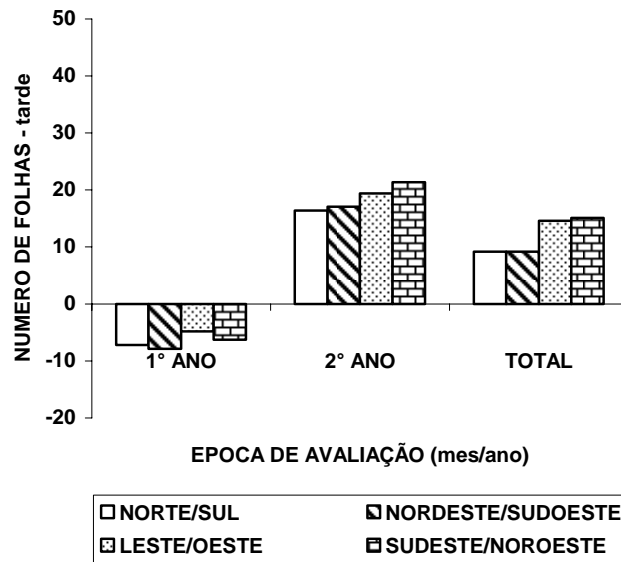


FIGURA 29 Formação de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

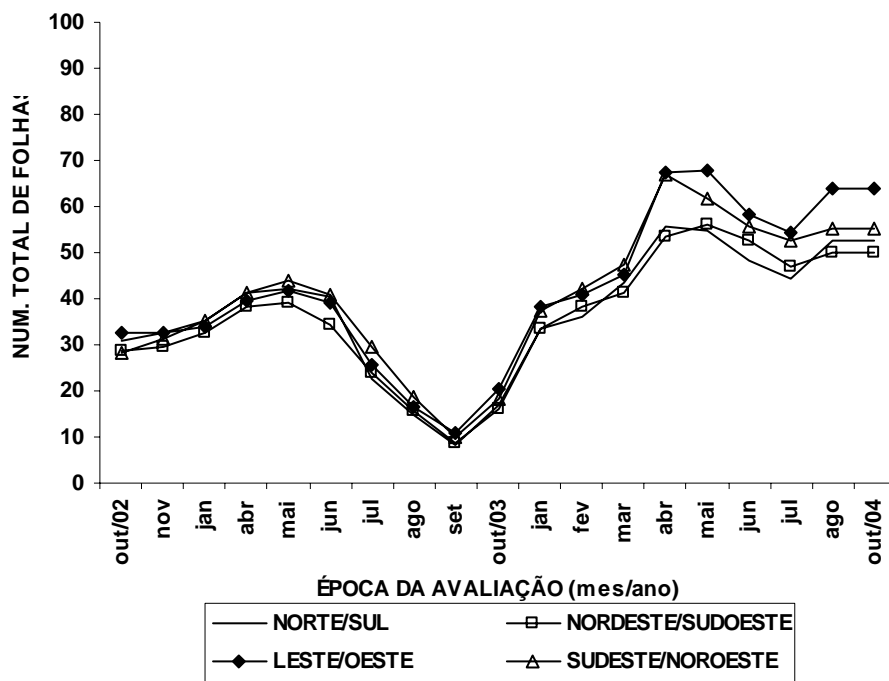


FIGURA 30 Evolução no número total de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório das folhas quantificadas no período da manhã e da tarde.

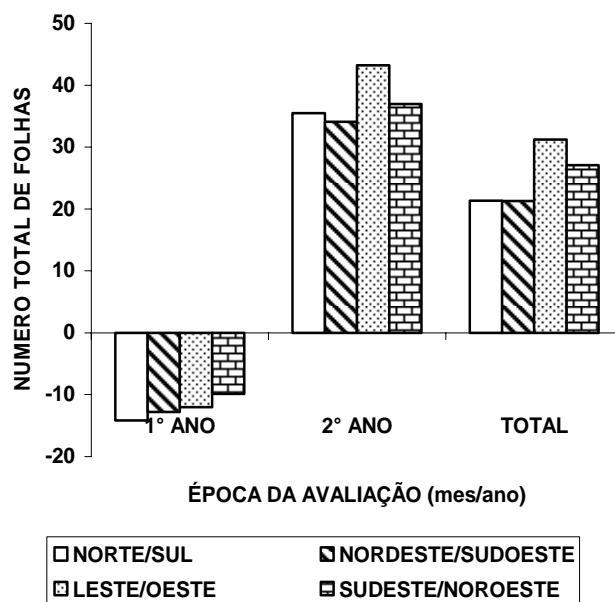


FIGURA 31 Formação total de folhas em ramos de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado pelo somatório das folhas quantificadas no período da manhã e da tarde durante os dois primeiros anos de produção.

4.2 Crescimento reprodutivo

De maneira geral, observou-se a bienalidade de produção, ou seja, um ano de baixa seguido por um ano de alta (Tabela 02).

Uma das causas da bienalidade da produção em cafeeiro pode ser atribuída ao desfolhamento. As folhas agem no suprimento dos fotoassimilados. Após um ano de alta produção segue-se um ano de baixa produção devido a partição dos carboidratos e de outros compostos orgânicos ser dirigida no sentido fonte (folha) para os drenos (flores e frutos). Ocorre uma alocação de fotoassimilados para garantir a reprodução em detrimento do crescimento

vegetativo. Durante o período de desenvolvimento e maturação dos frutos, quando grandes quantidades de nutrientes são alocados da folha para os frutos diminui gradativamente as concentrações foliares principalmente dos macronutrientes, o que leva a queda das folhas. A concentração de nutrientes das folhas varia conforme a produção, sendo, portanto maiores em anos de grandes colheitas.

Em ano com grande produção, as flores e frutos sendo drenos fortes, requisitam grande parte das reservas de carboidratos (amido) e os produzidos na fotossíntese corrente são, preferencialmente, alocados para o desenvolvimento dos mesmos. Em anos de baixa produção a competição entre as partes vegetativas da planta aumenta. A perda de folhas pós-colheita também afeta sobremaneira a produtividade da safra posterior que diminui de acordo com a porcentagem de desfolhamento.

TABELA 2 Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190 em 2002, 2003 e 2004 implantados em diferentes orientações cardeais e colheitas realizadas em relação ao caminhamento solar manhã (M), tarde (T) e Total (Σ). Patrocínio – MG, 2004.

ORIENTAÇÃO CARDEAL	2002			2003			2004		
	M	T	Σ	M	T	Σ	M	T	Σ
LESTE/OESTE	45,65Aa	40,69Aa	86,34A	75,73Ba	69,83Aa	145,56A	30,67Ba	23,85Aa	54,52A
NORDESTE/SUDOESTE	38,01Aa	33,25Aa	71,26A	76,45Ba	68,59Aa	145,04A	41,73Aa	32,43Ab	74,16A
NORTE/SUL	27,67Ba	24,99Aa	52,66A	86,37Aa	74,07Ab	160,44A	34,49Ba	28,52Aa	63,01A
SUDESTE/NOROESTE	32,43Ba	31,63Aa	64,06A	87,09Aa	71,39Ab	158,48A	26,23Ba	26,04Aa	52,57A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Letras maiúsculas comparam médias entre linhas e letras minúsculas comparam médias entre colunas.

Levando-se em consideração o caminhamento solar, percebe-se que nos anos de baixa (2002 e 2004), na média, não houve diferença de produções entre os dois lados da planta (Tabela 02). Entretanto para o ano de alta (2003), o lado da planta que recebeu sol predominantemente pela manhã, nos posicionamentos N-S e SE-NO, foi mais produtivo. Porém, ao se analisar o somatório das três safras (Tabela 03), verifica-se que não haver diferenças entre os lados e que quando se implantou a cultura no sentido NO-SE, a parte da lavoura que recebeu sol predominantemente no período da tarde foi prejudicada. Esses resultados estão em concordância com aqueles observados para as características vegetativas.

TABELA 3 Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190, média de três colheitas plantados em função dos direcionamentos cardeais (N-S, NE-SO, L-O, SE-NO), realizadas em relação do caminhamento solar manhã (M) e tarde (T) e Total (Σ). Patrocínio – MG, 2004.

Direção	CAMINHAMENTO		SOLAR
	Manhã		Tarde
Leste/Oeste	50,70Aa		44,81Aa
Nordeste/Sudoeste	52,08Aa		44,77Ab
Norte/Sul	49,53Aa		42,53Aa
Sudeste/Noroeste	48,60Aa		43,36Aa

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Observa-se que de maneira geral, o posicionamento NE-SO sempre proporcionou os menores valores de crescimento horizontal como o diâmetro de copa (Figuras 9 e 10), crescimento de ramos no terço médio (Figuras 18 e 19), número de nós (Figuras 24 e 25), enfolhamento (Figuras 31 e 32). Por outro lado, este direcionamento levou a um maior crescimento vertical, aqui representado pela altura das plantas (Figura 7).

Por outro lado, considerando-se as produtividades individuais em cada ano (Tabela 02) e o somatório das três safras (Tabela 04), envolvendo os dois lados da lavoura, não existem diferenças significativas em relação ao posicionamento das fileiras.

TABELA 4 Produtividade de cafeeiros (sacas/ha) Topázio MG 1190, total (Σ) de três colheitas plantados em função dos direcionamentos cardeais (N-S, NE-SO, L-O, SE-NO), realizadas em relação do caminhamento solar manhã (M) e tarde (T) Patrocínio – MG, 2004.

Direção	Σ TOTAL
Leste/Oeste	95,51a
Nordeste/Sudoeste	96,85a
Norte/Sul	92,07a
Sudeste/Noroeste	91,96a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Estes resultados mostram que o posicionamento das fileiras não alterou a produção nas suas três primeiras safras, provavelmente porque o cafeeiro é uma planta adaptada à sombra e em qualquer uma das posições, a radiação estava em

nível adequado. A plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar é dependente do ajuste de seu aparelho fotossintético de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos, alguns autores sugerem que o cafeeiro possui uma grande plasticidade adaptativa (Valio, 2001; Miranda et al.,1999). Desse modo, qualquer variação na intensidade ou duração do período de iluminação para mais ou para menos, em função do posicionamento da fileira, a lavoura estava sempre com níveis de radiação saturante.

4.3 Avaliações de DFFFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), gs ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Ψ_{foliar} (-MPa)

Os dados de radiação fotossinteticamente ativa (Figura 32) corroboram com o raciocínio de radiação saturante em todos os posicionamentos, uma vez que de maneira geral a DFFFA ficou sempre acima de $500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Analisando os valores de radiação no mês de março em 2004 pode-se perceber que a menor taxa (equivalente a $180,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) apresentada é na direção NE-SO que apesar de pontual, pode ter contribuído na somatória de todas as características avaliadas (Figuras 8, 18, 24, 30) representado pelo baixo investimento das plantas localizadas nessa direção (NE-SO) no crescimento, exceção se faz à altura (Figura 7).

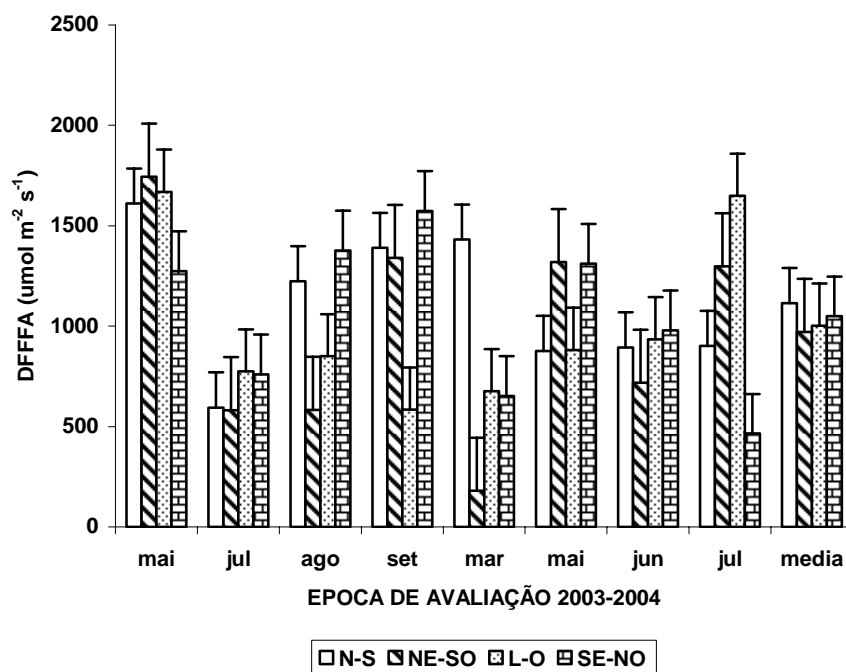


FIGURA 32 DFFFA - valores médios medidos em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO); leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de maio, julho, agosto, setembro de 2003 e março, maio, junho e julho de 2004, média dos dois anos. (As barras representam o erro padrão da média).

Os valores de fotossíntese (Figura 33 e 34) e de condutância estomática (Figura 35 e 36) também estão de acordo com esta hipótese por não sofrerem variações expressivas entre si em função do posicionamento das fileiras.

Taxa fotossintética mais eficiente no ano de 2003 pode ser observada na época seca (mês maio), ao passo que julho e agosto (época da colheita) as baixas taxas coincidem com o desfolhamento das plantas em todas as direções (Figura 30). A retomada do processo acontece já na época chuvosa como uma forma de investimento das plantas para a próxima produção (Figuras 33 e 34), entretanto,

alguns autores demonstraram que o processo fotossintético eficiente não quer dizer necessariamente um incremento favorável à produtividade. Trabalhos comparativos entre *Coffea arábica* e *C. canephora* baseados nas taxas e eficiência do aparato fotossintético para diferentes genótipos classificados por sua baixa, média e alta produtividades demonstraram que a capacidade fotossintética não está relacionada à produtividade (Sondahl et al. 1976; Campostrini, 1994). Mazzafera & Guerreiro Filho (1991), citam que a princípio é possível selecionar cafeeiros mais produtivos baseado em suas taxas fotossintéticas, mas apenas em se tratando do estágio inicial de seu desenvolvimento o que não se aplica as plantas adultas em franca produção.

Para o ano de 2004 (Figura 34) observa-se que os cafeeiros implantados na direção NE-SO apresentaram uma maior taxa fotossintética no mês de maio (época seca) em relação às demais direções, talvez, uma forma compensatória do pouco investimento do ano anterior, caracterizando o ciclo bienal da cultura. Levando em consideração que as plantas apresentam um espaçamento entre fileiras e, entre si, que permitem um melhor arejamento e exposição à captação da radiação e a variedade em questão, TOPAZIO MG 1190 apresenta suas folhas dispostas em um ângulo de inserção junto aos ramos plagiotrópicos que facilitam essa captação, podemos presumir que o investimento das plantas em fotossíntese (produção de fotoassimilados) retrata uma maneira de garantir os processos reprodutivos do próximo ano e assim se adaptar melhor ao ambiente na competição pela radiação.

Os valores de condutância estomática (gs) no ano de 2003 para o período seco (maio, julho e agosto) foram iguais (Figuras 35) não retratando nenhuma mudança substancial em função do posicionamento das fileiras. Aumento expressivo se verifica na época chuvosa (setembro) onde a direção SE-NO destaca-se com um valor de $0,05 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em relação às demais direções. Para o ano de 2004 na época chuvosa, os maiores valores de gs se

encontram nas direções NE-SO e SE-NO atingindo $0,07 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e decaindo na época seca (maio, junho e julho) sem grandes alterações. Cabe ressaltar que o ano de 2004 foi atípico, (Figuras 1, 2,3 e 4) registrado com a menor deficiência hídrica que os anos anteriores e com uma temperatura média do ar no mês de julho também histórica, o que refletiu nos valores mais baixos encontrados para a gs em todas as direções no respectivo mês (Figura 36).

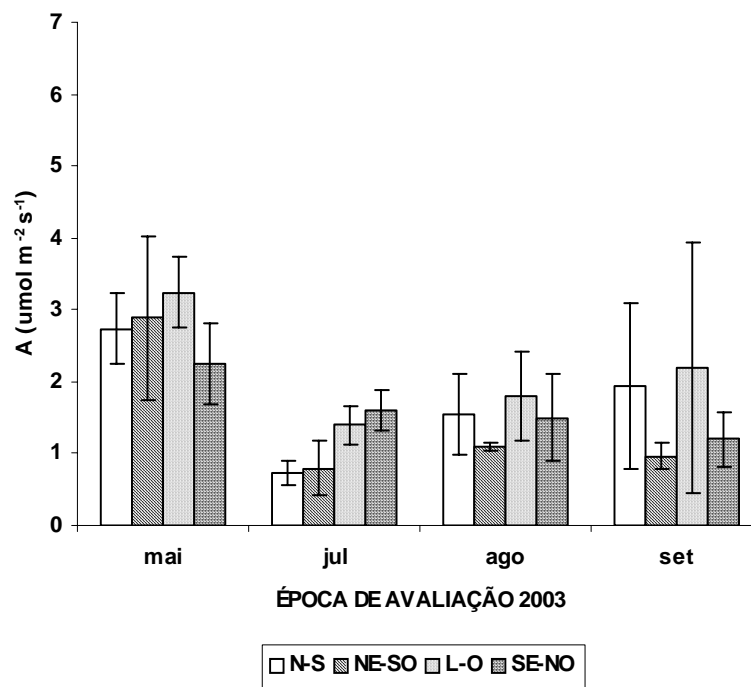


FIGURA 33 Fotossíntese (A) e seus valores médios em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado nos meses de maio, julho, agosto e setembro de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).

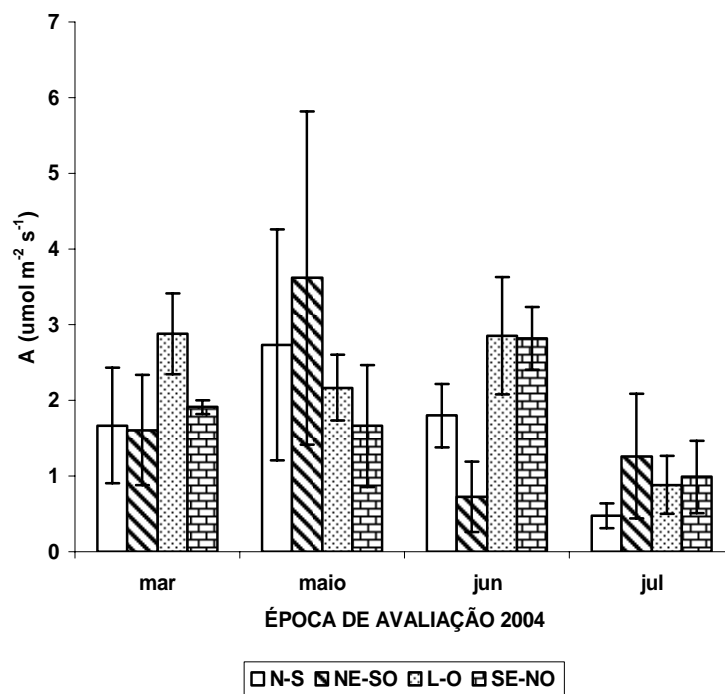


FIGURA 34 Fotossíntese (A) e seus valores médios em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO) avaliado nos meses de março, maio, junho e julho de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).

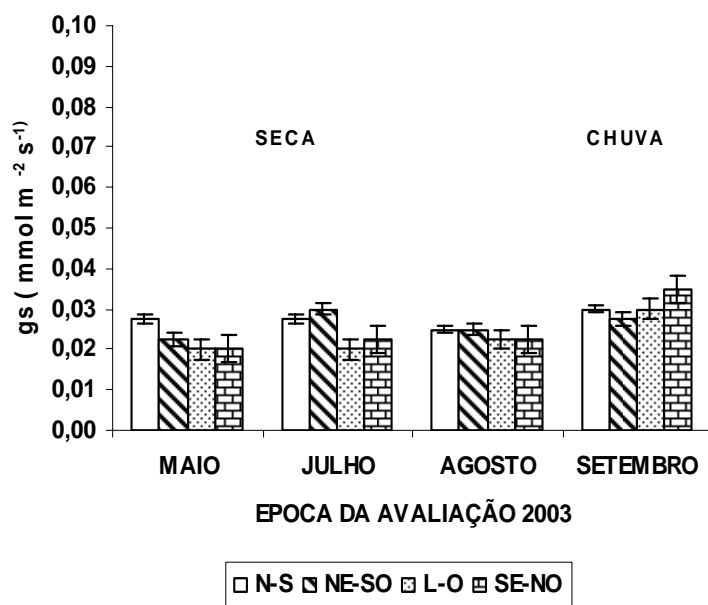


FIGURA 35 Condutância estomática (gs) avaliada em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado nas diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de maio, julho e agosto (época seca) e setembro (época chuvosa) no ano de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).

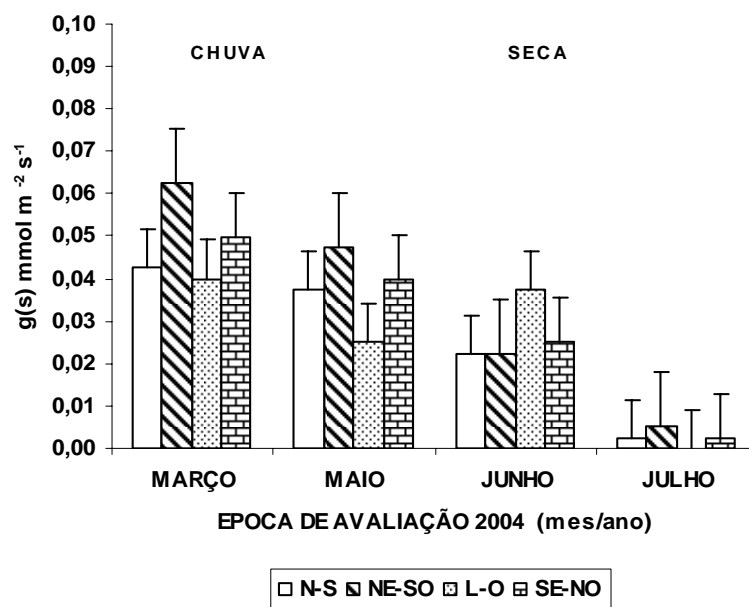


FIGURA 36 Condutância estomática (gs) avaliado em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado nas diferentes orientações cardeais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), nos meses de março (época chuvosa), maio, junho e julho (época seca) no ano de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).

Valores de temperatura, déficit hídrico, disponibilidade de água no solo, déficit de pressão de vapor determinam a taxa de fotossíntese líquida e todos os demais processos a ela relacionados com a absorção de CO₂ ficam direta e indiretamente afetados pela radiação (Figura 32) os quais determinam as condições microclimáticas do ecossistema e de alguma forma influenciam o acúmulo de fitomassa, podendo afetar a produção das plantas cultivadas. Resultados como os alcançados por DaMatta (2004) demonstram que maiores valores de fotossíntese líquida ocorreram em cafeeiros sob condição microclimática caracterizada por níveis mais altos de radiação solar como em

plantas cultivadas a pleno sol, maiores temperaturas e déficit de pressão de vapor.

Os resultados aqui alcançados correspondem quando se avalia as características conjuntas como DFFFA (Figura 32) mais alta no período chuvoso de setembro a março, associadas a g_s também altas (Figuras 35 e 36) e a A (Figuras 33 e 34) no mesmo período e em todas as direções cardeais lembrando que março de 2003 a direção NE-SO apresentou o mais baixo valor de DFFFA e as menores taxas de crescimento (Figuras 8, 18, 24 e 30) em comparação com as demais orientações.

Outro valor pontual, mas não menos importante, foi o obtido julho de 2004 como o menor de g_s (Figura 36) e A (Figura 34) na época seca, e com uma DFFFA (Figura 32) dentro dos valores de saturação (variando de 700 a 1900 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o que parece não ter sido esse o fator limitante e sim o potencial hídrico (Figura 38 e 41) e a baixa temperatura do ar (Figura 3).

Outra característica que não sofreu grandes variações em função da disposição das fileiras foi o potencial hídrico das plantas (Figura 37 e 38) cujos valores se situaram entre -0,6 a -1,4 MPa. Essa faixa de valores, esta dentro daquela considerada como ausências de déficit hídrico que é de -2,5 MPa. Portanto, a condição hídrica das plantas estava satisfatória, para todos os posicionamentos.

Para os períodos avaliados de 2003 e 2004, o potencial medido ao amanhecer (6h) não apresentou diferenças significativas estando os (Figuras 37 e 38). Entretanto, deve-se considerar o potencial hídrico das plantas na direção L-O em agosto de 2003 (época seca), como o menor Ψ_w registrado de -1,4 MPa o que parece indicar uma maior sensibilidade à seca do que as plantas localizadas nas demais direções, posto que, segundo os dados agrometeorológicos de deficiência hídrica e água acumulada no solo para esse período terem sido os menores (Figuras 2 e 4). No ano de 2004, para o mês de julho (época seca), as

plantas localizadas na direção L-O atingem também o menor valor de Ψ_w (-1,2 MPa) os quais correspondem a menor oferta de precipitação e de deficiência hídrica para esse período.

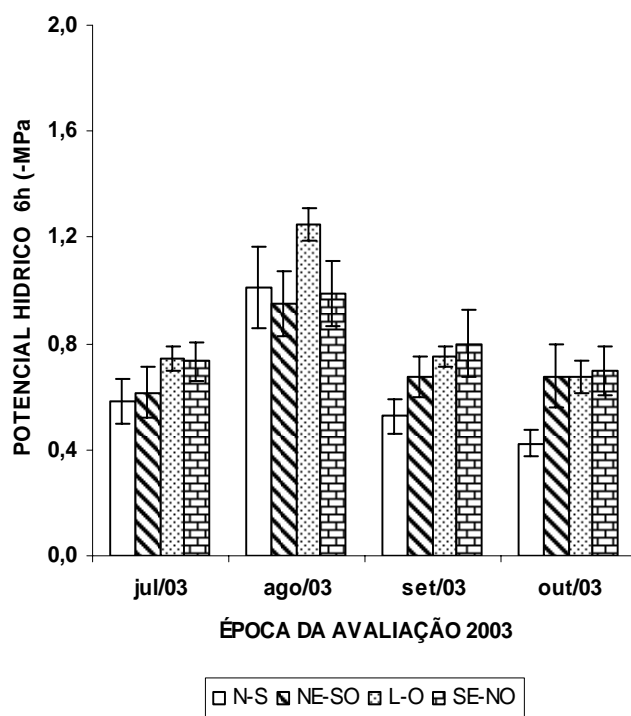


FIGURA 37 Potencial hídrico de antemã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nos meses de março, maio, junho, julho e agosto de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).

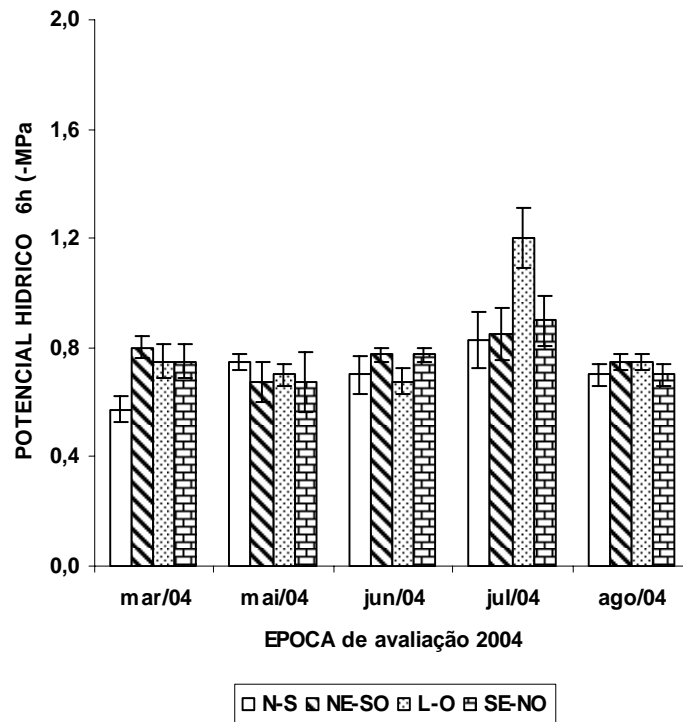


FIGURA 38 Potencial hídrico de antemanhã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nos meses de março, maio, junho, julho e agosto de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).

Ao compararmos o Ψ_w na estação chuvosa e seca ao amanhecer (6h), os valores atingidos pelos cafeeiros não apresentaram potenciais menores que -0,5 MPa (época chuvosa) e não diferem nas quatro direções substancialmente, atingindo valor máximo de -0,9 MPa (na época seca) (Figura 39).

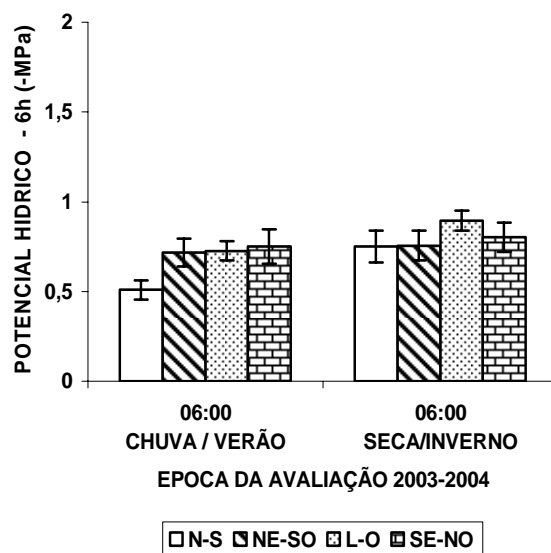


FIGURA 39 Potencial hídrico de antemãhã de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO): avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004. (As barras representam o erro padrão da média).

Ao meio dia na época chuvosa, os potenciais hídricos observados atingem valores próximos a -2,0 MPa. nas direções L-O e SE-NO, variando de -1,5 MPa a -1,8 para a direção NE-SO. Com pequenas variações, o mesmo aconteceu na época seca (Figura 39). Segundo os autores Kumar & Tiezen (1980), a condição para a ocorrência de um estresse hídrico em *Coffea arábica* L. se estabelece quando valores de potencial hídrico foliar são observados em torno de -1,5 a -1,8 MPa, mesmo em se tratando de um estresse moderado. Esta faixa de valores pode ser observada nos cafeeiros em horários de maior demanda evaporativa da atmosfera, mesmo não havendo restrições de água no solo. Os resultados alcançados no experimento estão em concordância com os autores e

com a Figura 4, representativa do armazenamento de água no solo para o período. Os valores verificados para o potencial hídrico foliar (Figura 40) se caracterizam em uma faixa de condição de estresse. Caso a condição de deficiência hídrica permaneça por algum tempo, a mesma pode ocasionar danos ao crescimento e produção dos cafeeiros. Os distúrbios na região da raiz, por exemplo, provocados pela deficiência hídrica acarretam ajustes específicos na distribuição de assimilados na razão parte aérea/parte subterrânea, na floração prematura e na abscisão das folhas.

Os valores de potencial hídrico variaram no ano de 2003 (Figura 40) do maior valor -1,3 MPa para a direção N-S, para o menor valor -2,5 MPa apresentado na direção NE-SO o que em tese é mais um dos fatores que pode vir a explicar o baixo índice na evolução de crescimento de quase todas as características analisadas das plantas localizadas nessa direção. No ano de 2004 O Ψ_{FOLIAR} variou de -0,9 a -2,0 MPa (Figura 41) estando todos esses valores associados às épocas de maior amplitude térmica e portanto ao maior DPV (Figura 43) da atmosfera, ou seja, alta amplitude térmica alto D.P.V.

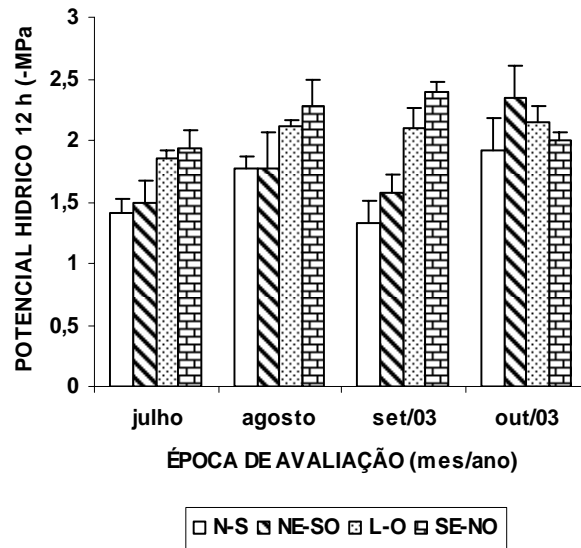


FIGURA 40 Potencial hídrico de meio dia -12h - de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período de 2003. (As barras representam o erro padrão da média).

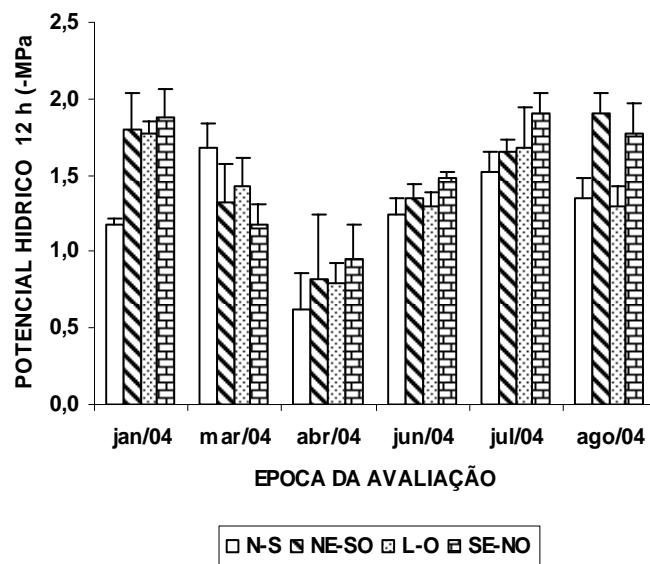


FIGURA 41 Potencial hídrico de meio dia (12h) em cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado no período de janeiro, março, abril, junho, julho e agosto de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).

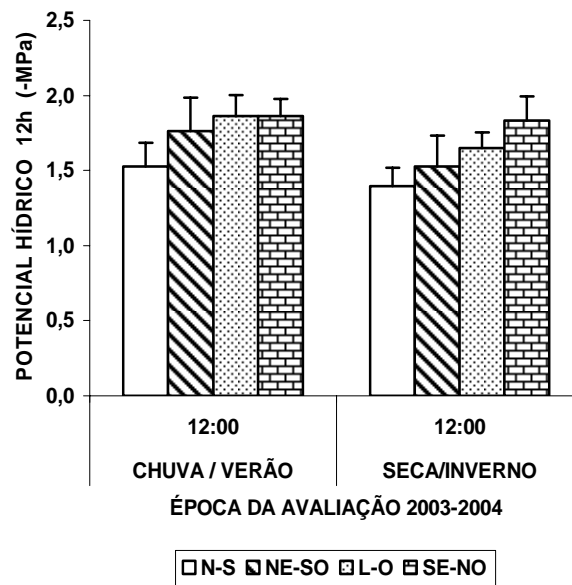


FIGURA 42 Potencial hídrico do meio dia (12h) de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardeais norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004. (As barras representam o erro padrão da média).

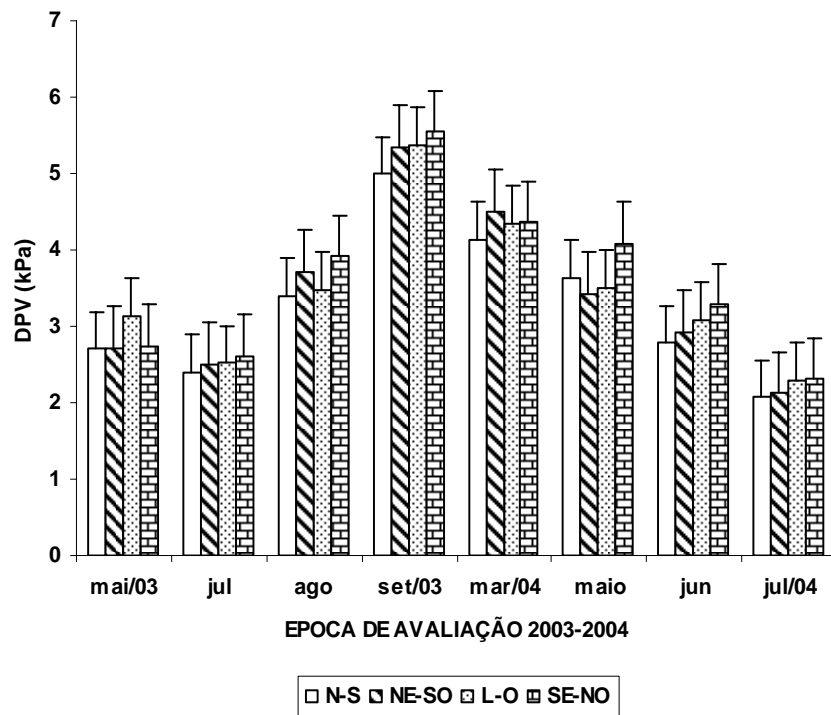


FIGURA 43 D.P.V. de cafeeiro Topázio MG 1190 implantado em diferentes orientações cardiais: norte-sul (N-S); nordeste-sudoeste (NE-SO), leste-oeste (L-O) e sudeste-noroeste (SE-NO), avaliado nas estações chuvosa (verão) e seca (inverno) no período de 2003-2004 nos meses de maio, julho, agosto setembro de 2003 e março, maio junho e julho de 2004. (As barras representam o erro padrão da média).

5 CONCLUSÕES

O estudo do desenvolvimento fenológico e produtividade de cafeeiro arábica – variedade TOPAZIO MG 1190, implantado em diferentes orientações cardeais na região de Patrocínio – Minas Gerais, mostrou que o crescimento vegetativo foi favorecido pelos posicionamentos N-S, L-O, SE-NO e NE-SO. Estas orientações cardeais somente serão comprovadas como as melhores, caso as próximas produções apresentarem-se superiores. Por outro lado, considerando-se as três primeiras produções não houve diferenças entre os posicionamentos e nem em relação aos lados da planta, levando-se em consideração o caminhamento solar. Os dados de radiação fotossinteticamente ativa mostraram que a radiação, medida a altura da copa, para todos os direcionamentos estava em uma região saturante, ou seja, acima do ponto de compensação luminoso, não provocando variações nos valores de trocas gasosas.

Levando-se em consideração todos esses aspectos, conclui-se que não houve reduções e nem favorecimento fisiológico para nenhum direcionamento das fileiras. Portanto, do ponto de vista fenológico e produtivo, o cafeicultor tem a possibilidade de escolher a melhor direção das linhas de café em relação às orientações cardeais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.D. **Relação entre a redutase do nitrato e a fotossíntese no cafeeiro** (*Coffea arabica* L.). 1986. 39p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALVES, J.D.; LIVRAMENTO, D.E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 46p. Monografia (Especialização em Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v.38, n.1-3, p.139-164, 1997.

CAMPOSTRINI, E. **Potencialidade fotossintética de cinco genótipos de *Coffea Canephora* Pierre**. 1994. 40f. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CANNEL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Kenya Coffee**, Nairóbi, v.41, n.484, p.245-253, 1976.

CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; ALFONSI, E.L. Efeitos de níveis de sombreamento no crescimento e produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Vitória: EMBRAPA, 2001. p.16.

CARVALHO, C.H.S. **Relação entre a seca de ramos e a produção, teor minerais, teor de amido e morte raízes da progênie de Catimor UFV- 1359** (*Coffea arabica* L.). 1985. 43p. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CASTILLO, Z.L.; LOPEZ, R.A. Nota sobre el efecto de la intensidad da la luz en la floracion del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v.17, n.1, p.51-60, mar. 1966.

DaMATTA, F.M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.86, n.2/3, p.99-114, Mar. 2004.

DaMATTA, F.M.; LOOS, R.A.; RODRIGUES, R.; BARROS, R.S. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.1, p.24-32, 2001.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, n.69, p.161-169, 1994.

GINDEL, I. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions. **Turrialba**, San Jose, v.4, p.49-63, 1962.

HUXLEY, P.A. Some aspects of the physiology of arabica coffee – central problem and the need for a synthesis. In: LUCKWIL, L.C.; CUTTING, C.V. (Ed.). **Physiology of the tree crops**. New York: Academic Press, 1970. p.255-268.

JARAMILLO, R.; VALENCIA, G. Los elementos climaticos e el dessorolo de *Coffea arabica* L. em Ciciná. **Cenicafé**, Caldas, v.31, n.4, p.127-143, oct./dic. 1980.

KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. **Experimental Agriculture**, Ashford, v.16, n.1, p.13-19, Jan. 1980.

KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. Photossynthesis in *Coffea Arabica*. II. Effects of water stress. **Experimental Agriculture**, Ashford, v.16, n.1, p.21-27, Jan. 1980.

MARUR, C.J.; FARIA, R.T. de. Fotossíntese em plantas inteiras de cafeeiro. In: Situação Atual e Perspectivas da Agrometeorologia. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., Santa Maria, 2003. **Resumos...** Santa Maria: UNIFRA, 2003. p.711-712.

MAZZAFERA, P.; GUERREIRO FILHO, O. **A produtividade do cafeeiro**. Campinas: IAC, 1991. 21p.

MEIRELLES, E.J.L.; CAMARGO, M.B.P de; FAHL, J.I.; THOMAZIELLO, R.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; SANTOS, J.C.F.; NACIF, A.P.; BARDIN, L. Resenha agrometeorológica: dezembro 2004. **Boletim Agrometereológico do Café**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www22.sede.embrapa.br/cafe/consorcio/boletim/dados/Resenha_Agrometeorologica122004.pdf>. Acesso em: 25/06/06.

MIRANDA, E.M. de.; PEREIRA, R. de C.A.; BERGO, C.L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arábica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p.62-69, jan./mar. 1999.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A. de; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.10, p.1131-1137, out. 2003.

MARUR, C.J.; FARIA, R.T. de. Fotossíntese em plantas inteiras de cafeeiro. In: Situação Atual e Perspectivas da Agrometeorologia. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., Santa Maria, 2003. **Resumos...** Franca: UNIFRA, 2003. p.711-712.

NACIF, A.P. de. Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) cv. **Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio – MG**. 1997. 124f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NUTMAN, F.J. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. **Annals of Botany**, London, v.1, n.3, p.353-367, 1937.

RENA, A.B.; MAESTRI, M.R. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-85.

RENA, A.B.; MAESTRI, M.R. The vegetative growth of the coffee plant. **Indian Coffee**, Bangalore, v.53, n.4, p.19-23, Apr. 1989.

SANTINATO, R.; PEREIRA, E.M.; SILVA, V.A.; FERNANDES, A.L.T. Efeitos do direcionamento norte – sul (NS), leste – oeste (LO), nordeste – sudeste (NO-SL) e noroeste – sudoeste (NL-SO) das linhas de plantio do cafeeiro nos altiplanos do cerrado com altitudes superiores a 900 m. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 2001. p.193-195.

SANTINATO, R.; PEREIRA, E.M.; SILVA, V.A.; FERNANDES, A.L.T. DRUMOND, L.C.D. Comportamento do cafeeiro arábica super adensado, adensado e largo, sob irrigação por pivô central em plantio circular. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL; WORKSHOP

INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...**
Porto Seguro: Consorcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do
Café/Embrapa, 2003. p.118.

SONDAHL, M.R.; CROCOMO, O.J.; SODEK, L. Measurements of ¹⁴C
incorporation by illuminated intact of coffee plants from gas mixtures containing
¹⁴CO₂. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.27, n.101, p.1187-1195,
Dec. 1976.

VALIO, I.F.M. Effects of shading and removal of plant on growth of *Trema
micrantha* seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v.21, n.1, p.65-70, Jan. 2001.