

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



**AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA E DA DISPONIBILIDADE DE
ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO CAFEEIRO IRRIGADO
EM DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

Wilson Jesus da Silva
Engenheiro Agrônomo

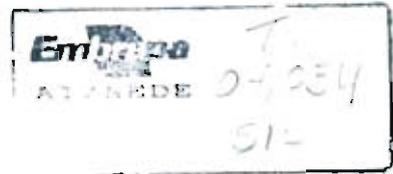
0034

Jaboticabal - SP - Brasil
2004

Avaliação de fenologia e da
2004 TS - 2004.00014



04948 - 1



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA E DA DISPONIBILIDADE DE
ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO CAFEEIRO IRRIGADO EM
DUAS DENSIDADES DE PLANTIO.**

Wilson Jesus da Silva

Orientador: Prof. Dr. Clovis Alberto Volpe

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de doutor em agronomia, área de concentração em Produção vegetal.

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Outubro - 2004

Silva, Wilson Jesus da
S586a Avaliação da fenologia e da disponibilidade de água no solo na cultura do cafeeiro irrigado em duas densidades de plantio / Wilson Jesus da Silva. -- Jaboticabal, 2004
xxi, 183 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2004
Orientador: Clovis Alberto Volpe
Banca examinadora: Paulo Tácito Gontijo Guimarães, José Donizeti Alves, Izabel Cristina Leite, João Carlos de Oliveira
Bibliografia

1. Coffea arabica L.. 2. Radiação solar. 3. Graus-dia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.73:551.58

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação -- Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



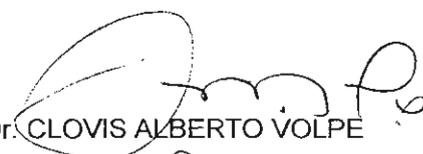
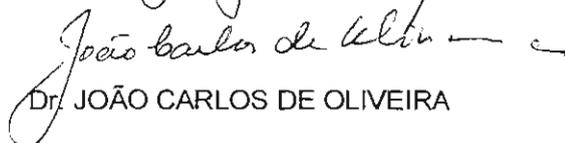
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA E DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO CAFEEIRO IRRIGADO EM DUAS DENSIDADES DE PLANTIO

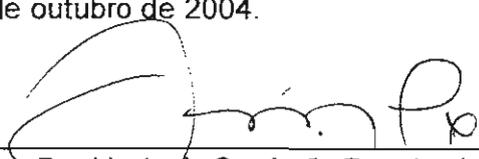
AUTOR: WILSON JESUS DA SILVA

ORIENTADOR: Dr. CLOVIS ALBERTO VOLPE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:


Dr. CLOVIS ALBERTO VOLPE
Dr. JOSÉ DONIZETI ALVES
Dr. RAULO TÁCITO GONTIJO GUIMARÃES
Dr. JOÃO CARLOS DE OLIVEIRA
Dra. IZABEL CRISTINA LEITE

Data da realização: 27 de outubro de 2004.



Presidente da Comissão Examinadora

Dr. CLOVIS ALBERTO VOLPE

- Orientador -

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

WILSON JESUS DA SILVA - Filho de Alzerino Alves da Silva e Iracy Ribeiro da Silva, nasceu em 13 de abril de 1947, na cidade de Indianópolis, Minas Gerais. Engenheiro Agrônomo em 1970 e Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Meteorologia Agrícola, em 1979, pela Universidade Federal de Viçosa. Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desde 1980. Ingressou, em março de 2001, no curso de Doutorado em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP-Jaboticabal).

A vida é o amor existencial.
Razão é o amor que pondera.
Estudo é o amor que analisa.
Ciência é o amor que investiga.
Filosofia é o amor que pensa.
Religião é amor que busca Deus.
Verdade é amor que se eterniza.
Ideal é o amor que se eleva.
Fé é o amor que se transcende.
Esperança é o amor que sonha.
Caridade é o amor que auxilia.
Fraternidade é o amor que se expande.
Sacrifício é o amor que se esforça.
Renúncia é o amor que se depura.
Simpatia é o amor que sorri.
Trabalho é o amor que constrói.
Indiferença é o amor que se esconde.
Desespero é o amor que se desgoverna.
Paixão é o amor que se desequilibra.
Ciúme é o amor que se desvaira.
Orgulho é o amor que enlouquece.
Sensualismo é o amor que se envenena.
Finalmente, o ódio, que julgas ser a antítese do amor,
não é senão o amor próprio que adoeceu gravemente.

(Francisco Cândido Xavier)

À Rosângela, minha esposa, pelo companheirismo, apoio, estímulo e amor,
aos meus filhos Graciela e Guilherme, sentido alegre do meu viver,
à minha mãe, meus irmãos e
amigos
dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP - Jaboticabal), e ao Departamento de Ciências Exatas, pela oportunidade de realização do curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade e pela bolsa, fundamentais na realização do curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Clovis Alberto Volpe, pela orientação, dedicação, apoio, confiança e companheirismo.

Ao meu conselheiro acadêmico Pesquisador Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães pela dedicação e apoio.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelos ensinamentos, e valiosas contribuições estatísticas.

Ao Prof. Dr. João Carlos de Oliveira, à Prof. Dra Izabel Cristina Leite e Prof. Dr Jairo Augusto Campos de Araújo, pelas sugestões, conselhos e amizade.

À Universidade de Uberaba, na pessoa do Prof. Dr. André Luís T. Fernandes e o técnico agrícola Clênio por ceder a área, dados meteorológicos e de irrigação e acompanhamento durante o desenvolvimento do experimento.

Ao observador meteorológico Carlos Alberto Santa Cápita pelo auxílio na instalação e orientações dos aparelhos meteorológicos importantes na execução do trabalho.

À secretária Maria José Servidoni Trizólio pelo atendimento eficiente e atenção.

Ao Rogério pelas orientações de informática.

Aos colegas da EPAMIG pelo apoio e amizade.

À todos, que direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE APÊNDICES.....	xvi
AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA E DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO CAFEEIRO IRRIGADO EM DUAS DENSIDADES DE PLANTIO.....	xviii
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução.....	1
Referências.....	7
CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DO FRUTO DO CAFEEIRO (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Acaiá, Linhagem 474/19 E RELAÇÕES COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO.....	12
Resumo.....	12
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Material e Métodos.....	15
Amostragem de frutos.....	16
Modelagem do crescimento do fruto.....	18
Dados meteorológicos.....	19
Resultados e Discussão.....	21
Umidade do fruto.....	21
Modelagem do crescimento do fruto.....	22
Crescimento e desenvolvimento do fruto.....	22
Relação entre o peso fresco e peso seco em plantio convencional e entre peso fresco e peso seco em plantio adensado.....	29
Relação entre o crescimento e desenvolvimento do fruto e as variáveis	

meteorológicas.....	31
Conclusões.....	39
Referências.....	40
CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO FENOLÓGICA DO CAFEEIRO (<i>Coffea arabica</i> L.)	
cv. Acaiá, Linhagem 474/19, EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	47
Descrição da área.....	47
Amostragens e determinações.....	50
Área foliar.....	51
Índice de área foliar.....	51
Matéria seca.....	51
Umidade das folhas e frutos.....	52
Análise de crescimento.....	52
Razão de área foliar.....	52
Área foliar específica.....	52
Razão de peso foliar.....	53
Distribuição de matéria seca.....	53
Dados meteorológicos.....	54
Delineamento estatístico.....	56
Resultados e discussão.....	59
Altura da haste ortotrópica primária.....	59
Diâmetro da base do caule.....	61
Número de ramos plagiotrópicos primários.....	68
Número de nós do ramo plagiotrópico primário.....	72
Número de folhas do ramo plagiotrópico primário.....	73
Umidade foliar.....	77
Peso seco foliar.....	83
Área foliar por planta.....	84

Índice de área foliar.....	91
Peso seco dos frutos.....	95
Umidade dos frutos.....	99
Peso seco dos ramos.....	100
Razão de área foliar.....	105
Área foliar específica.....	109
Razão de peso foliar.....	113
Razão de peso de frutos.....	114
Distribuição de matéria seca.....	120
Conclusões.....	126
Referências.....	127
CAPÍTULO 4 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA PLANTAS DE CAFEEIRO (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Acaiá, Linhagem 474/19 EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO.....	132
Resumo.....	132
Abstract.....	133
Introdução.....	134
Material e Métodos.....	136
Descrição da área.....	136
Disponibilidade hídrica.....	140
Balanço hídrico climatológico.....	140
Balanço hídrico de campo.....	141
Determinação dos componentes do balanço hídrico.....	141
Armazenamento da água no solo.....	141
Drenagem profunda e escoamento superficial.....	143
Evapotranspiração real.....	145
Delineamento estatístico.....	146
Resultados e Discussão.....	148
Conclusões.....	164
Referências.....	165
APÊNDICES.....	169

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 2		Página
1-	Análise granulométrica de solo - simples.....	16
2-	Análise química do solo.....	16
3-	Temperatura média, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar, a 2 m de altura.....	17
4-	Estimativas de ajustes da função logística, soma do quadrado dos desvios e coeficiente de determinação para o peso fresco e peso seco do café <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19.....	25
5-	Peso fresco e peso seco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19 em plantios convencional e adensado.....	27
6	Valores acumulados das variáveis meteorológicas determinadas no período do experimento.....	36
CAPÍTULO 3		
1-	Análise granulométrica de solo simples.....	48
2-	Análise química do solo.....	48
3-	Análise física do solo.....	48
4-	Temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar, a 2 m de altura.....	49
5-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a altura de plantas e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica e déficit de pressão de vapor.....	63
6-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o diâmetro do coleto e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	67
7-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de ramos e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	71
8-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de nós por ramo e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	75
9-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de	

	folhas por ramo e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	79
10-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a umidade foliar e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	82
11-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco foliar e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	86
12-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a área foliar e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	90
13-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o índice de área foliar e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	94
14-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco de frutos e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	98
15-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco de ramos e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	104
16-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a razão de área foliar (RAF) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	108
17-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a área foliar específica (AFE) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	112
18-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a razão de peso foliar (RPF) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	116
19-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a razão de peso de frutos (RPFr) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, déficit de pressão de vapor	119
20-	Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a distribuição de matéria seca nas folhas, nos frutos e nos ramos e a radiação fotossinteticamente	

ativa interceptada.....	123
21- Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a distribuição de matéria seca nas folhas, nos frutos e nos ramos e a soma térmica.....	124
22- Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a distribuição de matéria seca nas folhas, nos frutos e nos ramos e o déficit de pressão de vapor.....	125

CAPÍTULO 4

1- Análise química do solo.....	139
2- Análise física do solo.....	139
3 Análise granulométrica do solo - simples.....	139
4 Temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade média do vento e radiação solar global, a 2 m de altura.....	150
5- Precipitação pluvial mais irrigação, variação do armazenamento de água no solo, drenagem profunda mais escoamento superficial e evapotranspiração real.....	152
6- Evapotranspiração real(ETR), evapotranspiração de referência(ET _o) e relação ETR/ET _o	155
7- Valores da umidade do solo e da evapotranspiração real determinados em balanço hídrico de campo.....	158
8- Valores do armazenamento da água no solo, da evapotranspiração real determinados em balanço hídrico de campo.....	159

LISTA DE FIGURAS

	CAPÍTULO 2	Página
1-	Variação da umidade do fruto durante o seu crescimento nos plantios convencional e adensado.....	23
2-	Relação entre a umidade do fruto nos plantios convencional e adensado, durante todo o ciclo do fruto.....	23
3-	Acúmulo de matéria fresca durante o crescimento dos frutos de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19, no plantio convencional.....	23
4-	Acúmulo de matéria fresca durante o crescimento dos frutos de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19, no plantio adensado.....	24
5-	Acúmulo de matéria seca durante o crescimento dos frutos de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19, no plantio convencional.....	24
6-	Acúmulo de matéria fresca durante o crescimento dos frutos de <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19, no plantio adensado.....	25
7-	Relação entre o peso fresco e o peso seco de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, em plantio convencional	30
8-	Relação entre o peso fresco e o peso seco de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19 em plantio adensado	30
9-	Relação entre o peso fresco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, em plantio convencional, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada.....	33
10-	Relação entre o peso seco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, em plantio convencional, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada.....	33
11-	Relação entre o peso fresco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, em plantio adensado, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada.....	34
12-	Relação entre o peso seco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, em plantio adensado, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada.....	34
13-	Relação entre o peso fresco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio convencional.....	37

14-	Relação entre o peso seco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio convencional.....	37
15-	Relação entre o peso fresco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá. 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio adensado.....	38
16-	Relação entre o peso seco do fruto de <i>Coffea arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio adensado.....	38

CAPÍTULO 3

1-	Croqui do experimento mostrando as parcelas, que são os sistemas de plantio e as subparcelas que são as épocas de coletas de dados. Esquema montado para os parâmetros fenológicos : altura de plantas, diâmetro da base do tronco, número de nós, número de ramos, área foliar, índice de área foliar, peso seco foliar, peso seco dos frutos, peso seco dos ramos, número de folhas, umidade foliar e dos frutos.....	57
2-	Esquema de uma parcela de cada sistema de plantio: convencional e adensado.....	58
3-	Altura da haste ortotrópica primária do cafeeiro em relação: radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	62
4-	Relação entre o diâmetro da base do caule do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor,	66
5-	Relação entre o número de ramos/planta do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	70
6-	Relação entre o número de nós/ramo do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	74
7-	Relação entre o número de folhas/ramos do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	78
8-	Relação entre a umidade foliar do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	81
9-	Relação entre o peso seco foliar do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente	

	ativa interceptada, soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	85
10-	Relação entre a área foliar do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	89
11-	Relação entre o índice de área foliar do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	93
12-	Relação entre o peso seco dos frutos/planta de cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	97
13-	Evolução da umidade do fruto do cafeeiro.....	101
14-	Relação entre o peso seco dos ramos, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	103
15-	Relação entre a razão de área foliar, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	107
16-	Relação entre a área foliar específica, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	111
17-	Relação entre a razão de peso foliar, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	115
18-	Relação entre a razão de peso dos frutos, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	118
19-	Relação entre a distribuição da matéria seca nas folhas, nos frutos e nos ramos, do cafeeiro e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica, e o déficit de pressão de vapor.....	122

CAPÍTULO 4

1-	Curvas características do solo nas profundidades de 20 cm e 40 cm nos plantios adensado e convencional do cafeeiro Acaia, 474/19.....	138
2-	Representação gráfica do balanço hídrico climatológico com a variação do excedente e da deficiência. Uberaba, MG.....	140
3-	Representação gráfica do balanço hídrico climatológico com a variação do precipitação, evapotranspiração potencial e real. Uberaba, MG.....	140

4-	Esquema de uma parcela experimental de cada sistema de plantio: adensado e convencional.....	146
5-	Croqui do experimento mostrando as parcelas experimentais.....	147
6-	Relação entre a evapotranspiração real, a evapotranspiração de referência e precipitação mais a irrigação nos plantios convencional e adensado.....	156
7-	Evapotranspiração de referência, evapotranspiração real, acumuladas, e o armazenamento de água no solo nos sistemas de plantio convencional e adensado.....	157
8-	Tendência da umidade do solo nos plantios convencional e adensado do cafeeiro Acaiá, 474/19, em Uberaba.....	163
9-	Evapotranspiração real, variação no armazenamento da água no solo sob o plantio convencional do cafeeiro Acaiá, 474/19 e a precipitação mais a irrigação. ...	160
10-	Evapotranspiração real, variação do armazenamento da água no solo sob o plantio adensado do cafeeiro Acaiá, 474/19 e a precipitação mais irrigação.....	164

LISTA DE APÊNDICES

Tabela	APÊNDICE A	Página
1A	Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro: altura da planta, diâmetro do coleto e número de ramos por planta.....	170
2A	Altura média da planta, diâmetro médio do coleto, e do número médio de ramos/planta e resultados do teste de Tukey	171
3A	Resumo das análises de variância dos desdobramentos das interações sistema de plantio x época para verificar os efeitos das épocas dentro de cada sistema de plantio e do sistema de plantio dentro de cada época da biometria do cafeeiro: diâmetro do coleto, número de ramos por planta, peso seco dos ramos por planta, e número de nós por ramo e umidade dos frutos.....	172
4A	Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19: número de nós, número de folhas, umidade foliar, peso seco foliar,	173
5A	Médias do número de nós, número de folhas, peso seco foliar, umidade foliar e resultados do teste de Tukey	174
6A	Resumo das análises de variância dos desdobramentos das interações do sistema de plantio x época para verificar os efeitos das épocas dentro de cada sistema de plantio e do sistema de plantio dentro de cada época da biometria do cafeeiro: número de folhas, umidade foliar, peso seco foliar e peso seco de frutos.....	175
7A	Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro <i>C. arabica</i> L cv. Acaiá, 474/19, para a área foliar e o índice de área foliar pela projeção da copa.....	176
8A	Resumo das análises de variância dos desdobramento das interações sistema de plantio x época para verificar os efeitos das épocas dentro de cada sistema de plantio e do sistema de plantio dentro de cada época da biometria do cafeeiro: área foliar e índice de área foliar pela projeção da copa.....	177
9A	Médias da área foliar,e do índice de área foliar e resultados do teste de Tukey.....	178

10A	Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro <i>Coffea arabica</i> L. cv. Acaiá, 474/19, para peso seco de frutos, umidade de frutos, peso seco de ramos,	179
11A	Peso seco médio dos frutos, umidade média dos frutos, e peso seco médio de ramos e resultados do teste de Tukey.....	180

APÊNDICE B

1B	Análise de variância da umidade do solo em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ nos plantios adensado e convencional em 36 decêndios.....	181
2B	Análise de variância dos desdobramentos das interações sistemas de plantio x decêndios para verificar os efeitos dos decêndios dentro dos sistemas de plantio.....	181
3B	Análise de variância dos desdobramentos das interações sistemas de plantio x decêndios para verificar os efeitos dos sistemas de plantio dentro dos decêndios.....	182
4B	Umidade média do solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, por decêndio em dois sistemas de plantio e resultado do teste de Tukey.....	183

AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA E DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO CAFEIEIRO IRRIGADO EM DUAS DENSIDADES DE PLANTIO.

RESUMO - O objetivo desta pesquisa foi de comparar o crescimento dos frutos e dos componentes vegetativos da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, linhagem 474/19, por meio de uma análise de crescimento, correlacionando-a com as variáveis meteorológicas e componentes do balanço hídrico em duas densidades de plantio. Os dados relativos ao crescimento dos frutos se ajustaram ao modelo logístico, com três períodos distintos de crescimento, com duração de 70, 90 e 60 dias para as fases de crescimento lento, ativo e estabilização, respectivamente. Os resultados foram semelhantes nos dois sistemas de plantio. Os pesos máximos médios alcançados pelo fruto fresco foram de 1,719 g no sistema de plantio convencional e 1,649 g no plantio adensado, e pelo fruto seco foram de 0,700 g no sistema plantio convencional e 0,638 g no sistema de plantio adensado. As taxas de crescimento no sistema de plantio convencional foram praticamente iguais e próximas de 0,029 g/dia e no sistema de plantio adensado foram de 0,031 g/dia de peso úmido de 0,029 g/dia de peso seco. Os pesos dos frutos foram relacionados com o acúmulo de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e de graus-dia. Do florescimento à maturação foram acumulados 1771 MJ m⁻² de radiação fotossinteticamente ativa interceptada em ambos os plantios e 3235 graus-dia no sistema de plantio convencional e 3242,4 graus-dia no sistema de plantio adensado. Os componentes vegetativos da planta também foram analisados em relação à radiação fotossinteticamente ativa interceptada, aos graus-dia e ao déficit de pressão de vapor. Verificou-se que a altura da planta, o diâmetro do coleto, o número de ramos e o número de nós foram mais sensíveis e responderam linearmente; o número de folhas, peso seco foliar e peso seco dos ramos responderam em função exponencial; a área foliar, peso seco dos frutos e o índice de área foliar responderam em função quadrática às variáveis meteorológicas acumuladas e utilizadas em análises de regressão, tanto no sistema de plantio convencional como no sistema adensado. O adensamento proporcionou aumento na radiação fotossinteticamente ativa interceptada, nos graus-dia e no déficit de pressão de vapor, provocando diminuição do

crescimento em todos os componentes vegetativos da planta, com exceção do índice de área foliar, mas com uma produção de 112 sc. ben./ha, sendo que na menor densidade esta produção foi de apenas 41 sc. ben./ha. Com menor área foliar e maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, a planta foi capaz de adaptar-se e produziu mais matéria seca/área, mas folhas menos espessas e com menor capacidade em exportação de matéria seca para os demais componentes da planta. Na avaliação da disponibilidade hídrica nos dois sistemas de plantio foram realizados balanços hídricos de campo. E na determinação dos componentes do balanço hídrico, o armazenamento d'água no solo foi estimado a partir de perfis sucessivos de umidade do solo. A drenagem profunda mais o escoamento superficial foram estimados como sendo toda a água da chuva e irrigação que ultrapassou a capacidade de campo dos solos analisados. A evapotranspiração real (consumo de água), definida através do balanço hídrico de campo, foi relacionada com a evapotranspiração de referência, estimada através da equação de Penman-Monteith. A evapotranspiração real no sistema de plantio adensado foi maior que no sistema de plantio convencional, 1662,9 mm e 1379,9 mm, respectivamente. Na primavera, com maior emissão de folhas e expansão foliar, a evapotranspiração real foi maior que nos outros períodos, sendo menor no outono. O sistema de plantio adensado apresentou maior perda d'água por evapotranspiração, enquanto que o sistema de plantio convencional a maior perda foi por drenagem profunda e escoamento superficial. O sistema de plantio adensado teve um secamento médio maior que o sistema de plantio largo, 2,1 mm e 0,39 mm, respectivamente.

Palavras-chave - Balanço hídrico, déficit de pressão de vapor, evapotranspiração, graus-dia, radiação solar, temperatura

EVALUATION OF PHENOLOGY AND WATER AVAILABILITY IRRIGATED COFFEE TREE IN TWO PLANTING DENSITIES

ABSTRACT - The objective of this research was to compare the fruit growth and the vegetative components of the plant of *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, through surveys of its weights in ten days intervals, analyzing its relationships with the meteorological variable and evaluating the components of the water balance in two planting systems. The data were described by the logistic growth function. Three characteristic phases of fruit development can be distinguished. The results had been similar in the two cropping systems. The average maximum fresh and dry weights were 1.72 g fruit⁻¹ and 0.70 g fruit⁻¹ in the low-density system and 1.65 g fruit⁻¹ and 0.64 g fruit⁻¹ in the high-density system. The growth rates in the high-density had practically been equal to 0.029 g d⁻¹ and in low-density had been to 0.031 g d⁻¹ and 0.029 g d⁻¹. The weights of the fruits had been related with the accumulation of photosynthetically active radiation intercepted and the degree-day. On the budding to the maturation 1771 MJ m⁻² had been accumulated of photosynthetically active radiation intercepted in both cropping systems and 3235 degree-day in low density system and 3242.4 degree-day in high density system. The vegetative components of the plant had been also analyzed in relation the photosynthetically active radiation intercepted, the degree-days and the vapor pressure deficit. It was verified that the height of the plant, the stem basal diameter, the number of branches and the number of node were more sensible and had answered linearly. The number of leaves, the dry weight of the leaf and of the branches had answered in exponential function. The leaf area, the dry weight of the fruit and leaf area index had answered in quadratic function to the accumulated meteorological variables, used in regression analysis, as much in the high-density system as in the low-density system. The high-density system provided increase in the photosynthetically active radiation intercepted, in the degree-day and in the vapor pressure deficit, provoking reduction of the growth in all the vegetative components of the plant, with exception of the leaf area index. On the other hand it showed that, with lesser leaves areas and greater interception of the photosynthetically active radiation, the plant was

capable of to adapt and to produce more dry material, but it presented less thick leaves with lower capacity in exportation of dry matter for the excessively components ones of the plant. In the evaluation of the water availability in two planting systems was realized water balance of field. In determination of the components of the water balance, the storage of the water in the soil was estimated from successive profiles of moisture of the soil. The deep draining and superficial draining had been estimated as being all the water of rain and irrigation that exceeded the capacity of field of analyzed soils. The real evapotranspiration, defined through the water balance of field, was related with the reference evapotranspiration, estimated through the equation of Penman-Monteith. The real evapotranspiration in the high-density planting was greater than the low-density planting 1662.9 mm and 1379.9 mm, respectively. In the spring, with more leaves and leaf expansion, the real evapotranspiration was greater than in the others periods, being lesser in autumn. The high-density planting presented a greater loss of water for the evapotranspiration, while the low-density planting was for the deep draining and superficial draining. The high density planting had a bigger average dryness than the low-density planting, 2.1 mm and 0.36, respectively.

Keywords - Water balance, vapor pressure deficit, evapotranspiration, degree-day, solar radiation, temperature

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O município de Uberaba, Minas Gerais, encontra-se inserido no ecossistema do cerrado mineiro, com solos de baixa fertilidade natural, precipitação de 1589,4 mm, temperatura do ar média anual de 21,9 °C, temperatura máxima do ar média anual de 29,1 °C, temperatura mínima do ar média de 16,6 °C, inverno seco e com baixa umidade relativa do ar (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, 1992). O município faz parte da região do Triângulo Mineiro que é um dos pólos de desenvolvimento da mais alta tecnologia praticada na cafeicultura brasileira.

O café ainda constitui grande fonte geradora de receitas cambiais para o Brasil. A atividade de produção cafeeira é grande geradora de emprego e fixadora de mão-de-obra no meio rural. E, historicamente, o Brasil ocupa a posição de maior exportador de café no mercado internacional (SOUZA, 1996).

Minas Gerais é atualmente o maior Estado produtor de café do Brasil, com mais de 50% da produção total brasileira. Os mercados nacional e internacional têm exigido café de melhor qualidade e, o produtor, menor custo de produção. Isso demanda mudança radical na cadeia produtiva para manter a competitividade desse agronegócio.

O cafeeiro no sistema de plantio adensado apresenta-se como alternativa viável para a redução dos custos de produção e para maior produtividade por área. Contudo, tal prática obriga os cafeeiros a se adaptarem morfológicamente às novas condições do meio ambiente.

Dessa forma, esta pesquisa procurou contribuir para o aperfeiçoamento do cultivo do cafeeiro, buscando o entendimento das reações desta cultura sob baixa e elevada densidade de plantio por área em relação às variáveis climáticas. Especialmente variações no desenvolvimento dos frutos e dos componentes ecofisiológicos.

Diversos aspectos quanto à redução de espaçamentos de plantio têm sido estudados no Brasil e em vários outros países. No entanto, há ainda muitos outros a

serem elucidados com respeito às alterações e formações de microclimas no interior desses cultivos com menores espaçamentos, pois são variáveis em função da intensidade da redução do espaçamento, da disponibilidade espacial das plantas dentro da lavoura. São portanto necessárias a aquisição de conhecimentos e desenvolvimento de tecnologias apropriadas para que se possam auferir bons retornos nesses sistemas de produção de café.

A maior vantagem dos plantios adensados é o ganho de produtividade, com menor custo de produção, pela utilização mais eficiente da radiação solar, da água e dos minerais, e pelo controle natural de plantas invasoras e de algumas pragas e doenças (FISHER & BROWNING, 1978; KUMAR, 1978; AKUNDA et al., 1979; RIVERA, 1991; BARROS et al., 1995; ANDROCIOLI FILHO, 1994).

Muitos trabalhos foram conduzidos, nos últimos 30 anos, sobre plantio adensado do cafeeiro, em diversas partes do mundo (RENA & MAESTRI, 1986). Entretanto, com raríssimas exceções, não foram determinadas as influências do adensamento sobre as características morfológicas e ecofisiológicas do cafeeiro e a dinâmica do ecossistema.

As várias partes de uma planta crescem em diferentes ritmos e em diferentes épocas do ano, por causa da interação de fatores genéticos, nutricionais, hormonais e ambientais (TAIZ & ZEIGER, 2004). Os componentes da planta mais influenciados pelas variáveis meteorológicas são a altura da planta, o crescimento dos ramos e o número de flores (JARAMILLO-ROBLEDO & VALENCIA-ARISTIZÁBAL, 1980).

O cafeeiro tem grande capacidade de se adaptar às variações do ambiente, mediante modificações morfo-fisiológicas. As folhas são as mais sensíveis e as que primeiro apresentam alterações mais pronunciadas (AKUNDA et al., 1979).

Lavoura eficiente é aquela capaz de formar extenso e bem iluminado dossel, com alta taxa fotossintética, produzindo muitos grãos e mobilizando grandes quantidades de carboidratos para o enchimento deles por vários anos (CANNELL, 1976).

Os cafeeiros no espaçamento convencional cobrem menos que 50% da superfície do solo e tanto a produção fotossintética quanto a produtividade de grãos ficam aquém do seu valor potencial. Os plantios adensados e a manipulação do

número de hastes ortotrópicas por planta são os únicos meios de explorar plenamente a energia solar e os recursos disponíveis do ambiente (NACIF, 1997).

VALENCIA-ARISTIZÁBAL (1973) e ARCILA-PULGARÍN & CHAVES-CÓRDOBA (1995) estimaram que o índice de área foliar (IAF) ótimo para o cafeeiro Caturra está próximo de oito, o qual pode ser alcançado aos três anos de idade, com 10.000 plantas por ha, ou aos quatro anos, com 5.000 plantas por ha, nas condições de Chichiná, na Colômbia. A taxa de crescimento da cultura aumenta até o IAF de oito, porque a irradiância de compensação de folhas sombreadas do cafeeiro é normalmente inferior a $20 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, menos de 1% da radiação solar máxima de um dia tropical ensolarado, que é aproximadamente $2.200 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (ALVES et al., 1985).

AKUNDA et al. (1979) estudaram algumas variações morfológicas sofridas pelas folhas de cafeeiros cultivados nas densidades de 1.100 a 6.700 plantas por ha em Ruiru, no Quênia. Eles observaram pequena concentração de cera epicuticular, associada a baixo nível de reflexão luminosa, nas folhas jovens orientadas mais verticalmente, nos plantios adensados. Esta característica está relacionada com maior captação de energia luminosa e com maior atividade fotossintética. As folhas mais velhas, que se encontravam na horizontal, tinham maior teor da cera epicuticular, proporcionando-lhes maior capacidade de reflexão da luz, evitando a subida excessiva da temperatura foliar ou a foto-oxidação das moléculas de clorofila. Observaram, também, menor desenvolvimento nas folhas dos plantios adensados, indicação do aumento da utilização da energia luminosa nesses sistemas. A área foliar aumentou com o incremento da densidade de plantio, mas peso e o volume foliares específicos, a densidade e a matéria seca foliares diminuíram. O aumento da área foliar está associado à melhor utilização da luz. Como resultado tem-se que o sistema adensado de plantio possui sistema fotossintetizante mais eficaz.

AKUNDA et al. (1979) constataram, também, ligeira redução no teor das clorofilas totais nas folhas de cafeeiros adensados mas, o teor de clorofila b foi maior. Portanto nos plantios convencionais, a razão clorofila a/clorofila b é menor que nos plantios adensados. Acontece que a clorofila b é a principal coletora de luz do fotossistema II e o seu teor tem sido considerado como medida da eficiência do aparelho fotossintetizante (TAIZ & ZEIGER, 2004). A menor razão a/b nos plantios

adensados é uma adaptação que torna as plantas mais eficientes na produção de carboidratos. Essa é uma adaptação que compensa a diminuição da luz no perfil vertical do dossel com o aumento da densidade de plantas.

VOLTAN et al.(1992), em Campinas, observaram o espessamento foliar em mudas de um ano de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* cultivadas a pleno sol e com 50% e 70% de sombra. Notaram que a área foliar individual foi maior em condições intermediárias de luz (50% de sombra). Observaram, também, aumento da massa foliar específica e do número de estômatos por unidade de área foliar, no cultivo a plena luz solar.

Para JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMÁN-MARTÍNEZ (1984), a temperatura ótima para o cultivo do cafeeiro arábica está entre 18 e 21 °C e que temperaturas inferiores a 12 °C ou superiores a 24 °C, são adversas para seu crescimento e desenvolvimento. CASTRO & RODRÍGUEZ (1956) encontraram uma relação direta entre as somas das temperaturas médias horárias e o crescimento máximo e mínimo no *Coffea arabica*. CASTILLO (1957), estudando a relação do crescimento do cafeeiro com a temperatura em condições de campo, encontrou uma boa correlação com o número de horas em que ocorreram temperaturas noturnas superiores a 20 °C, observadas três a quatro semanas antes, verificando que a temperatura máxima estava correlacionada com o crescimento. LÓPEZ et al. (1972) demonstraram que as plantas de cafeeiro localizadas a 1050 m (22,5 °C) cresceram 2,5 vezes mais que as plantas sombreadas a 2050 m (16,0 °C).

Conceito semelhante é o da unidade fototérmica que considera a ação combinada da temperatura média o ar com o comprimento do dia, definindo uma função de acúmulo de energia relacionada ao fotoperíodo (LEMOS FILHO et al., 1997). Ambos os índices mostram-se viáveis para a estimativa de crescimento de culturas (VILLA NOVA et al. 1999). Esse modelo considera a hipótese de que há um decréscimo paulatino na fixação de energia quando o fotoperíodo é decrescente, como ocorre quando se aproxima o inverno. BARROS & MAESTRI (1974), SILVA, 2000 e IAFFE et al., 2001 concordam com a sazonalidade das taxas de crescimento observadas em cafeeiros e acreditam na possibilidade de estudos integrados em condições de campo. Os estudos quantitativos para o cafeeiro, independentemente do índice

biometeorológico empregado, devem contemplar uma temperatura máxima, pois pressupõe-se que haja uma relação linear entre acréscimo de temperatura e o desenvolvimento vegetal.

DRINNAN & MENZEL (1995), na Austrália e IAFFE et al. (2004) no Estado de São Paulo, observaram correlações negativas entre temperaturas mínimas e a produtividade de cafeeiros. As correlações indicaram que o aumento da temperatura noturna de setembro a novembro (início do crescimento e desenvolvimento do fruto) pode estar relacionado com o aumento da respiração de manutenção à custa da matéria seca acumulada na planta (THORNSLEY, 1970).

As características da estrutura do fruto de *Coffea arabica* foram estudadas pela primeira vez por MARCHAND (1863), bem depois por FREIRE (1935) e DEDECCA (1957). Estudos em algumas cultivares de *Coffea arabica*, como Bourbon e Mundo Novo, estabeleceram fases e número de dias para que o fruto alcançasse sua maturação completa (MENDES et al., 1954). As fases do crescimento do fruto do cafeeiro são dependentes do genótipo e do ambiente onde ele se desenvolve (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al. 1994), pois tem-se observado diferenças nos períodos de crescimento de espécies e de cultivares (WORMER, 1964; OYEBADE, 1976).

JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMAN-MARTÍNEZ (1984) estudaram a relação entre temperatura média diária e o crescimento do cafeeiro Caturra para diferentes localidades e épocas, encontrando uma temperatura ótima de 21 °C e um limite inferior de 10 °C e superior de 32 °C, fora dos quais o crescimento foi nulo. Eles avaliaram número de folhas, altura de plantas e peso seco da parte aérea e o crescimento do fruto a partir do final do florescimento até sua maturação fisiológica.

Os cafeeiros em geral são plantados em espaçamentos largos, apresentando índices de área foliar baixos, insuficientes para altas produções. Pouca atenção tem sido dada ao o manejo da água e de espaçamento de plantio como fatores de aumento do porte e do índice de área foliar. KUMAR (1979) demonstrou que o adensamento nos plantios de cafeeiro, além de aumentar o índice de área foliar, provoca o sombreamento mútuo e conseqüentemente temperaturas foliares e do solo menores, resultando em menores taxas de evaporação e transpiração. O autor acredita, também, que a superfície do solo, sendo menos cultivada e ficando mais protegida do impacto

direto das gotas da chuva, ofereceria maior proteção às raízes absorventes superficiais e maior preservação do solo.

Há grupos de especialistas acreditam que o sistema de plantio convencional, por apresentar uma transpiração bem menor em termo de área, mas maior por planta, o sistema seria mais eficiente, pois para cada grama de nutrientes absorvido, centenas de gramas de água precisariam ser absorvidas. É a chamada transpiração produtiva.

Assim, nos próximos capítulos avaliou-se a influência de duas densidades populacionais no desenvolvimento do fruto, no desenvolvimento vegetativo das plantas e na disponibilidade de água no solo, relacionando-os com algumas variáveis meteorológicas. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos:

Objetivo geral :

Comparar o crescimento e desenvolvimento do fruto e dos componentes vegetativos do cafeeiro arabica, através de avaliação do seu peso em observações decendiais, da sua relação com as variáveis meteorológicas e dos componentes do balanço hídrico nos dois sistemas de plantio, sob condições de irrigação.

Objetivos específicos:

Capítulo 2 - comparar a dinâmica do crescimento do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, linhagem 474/19, através da avaliação do peso fresco e peso seco em observações decendiais, nos dois sistemas de plantio convencional (4,0 x 1,0 m ou 2.500 plantas/ha) e adensado (1,0 x 0,5 m ou 20.000 plantas/ha); e avaliar as relações entre os pesos fresco e seco e as variáveis meteorológicas, radiação fotossinteticamente ativa interceptada e graus-dia;

Capítulo 3 - comparar o crescimento dos frutos e dos componentes vegetativos da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, linhagem 474/19, nos dois sistemas de plantio; e avaliar as relações entre o crescimento dos frutos e dos componentes vegetativos da planta e as variáveis meteorológicas radiação fotossinteticamente ativa interceptada, graus-dia e déficit de pressão de vapor nos dois sistemas de plantio;

Capítulo 4 - comparar a umidade do solo sob a projeção da copa do cafeeiro, *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, através de levantamentos decendiais; e avaliar os componentes do balanço hídrico nos dois sistemas de plantio.

REFERÊNCIAS

AKUNDA, E.W.M.; IMBAMBA, S.K.; KUMAR, D. High density planting of coffee - I: micro-climatic and related changes. **East African Agricultural and Forestry Journal**, Nairobi, v.45, n.2, p.130 -132, 1979.

ALVES, J.D.; CORDEIRO, A.T.; RENA, A.B. Saturação luminosa da fotossíntese de diversos germoplasmas de *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu - MG. **Resumos...** Rio de Janeiro : IBC, 1985, p. 133 -134.

ANDROCIOLI FILHO, A. Procedimentos para o adensamento de plantio e contribuição para o aumento de produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996, p. 249-275.

ARCILA-PULGARÍN, P.J., CHAVES-CÓRDOBA, B. Desarrollo foliar del cafeto em tres densidades de siembra. **Cenicafé**, Caldas. V.46, n.1, p.5-20, 1995.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; RENA, A.B. Coffee crop ecology. **Tropical Ecology**, Varanasi, v.36, n.1, p.1-19, 1995.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café. **Revista Ceres**, v.21, n.116, p.268-279, 1974.

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

CASTILLO, Z.J. Observaciones sobre la relación del crecimiento del cafeto y temperatura en condiciones de campo. **Cenicafé**, Caldas, v.8, n.10, p.305-313, 1957.

CASTRO, F.S.; RODRÍGUEZ, G. A. **Relación entre crecimiento del cafeto y algunos factores climáticos**. Cenicafé. Caldas, 1956, 13 p. (Boletín Técnico. 16) .

DEDECCA, D.M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. **Bragantia**, Campinas, v.16, n.23, p.315-366, 1957.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Temperature assects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ruiru, v.70, n.1, p.25-34, 1995.

FREIRE, C.V. Contribuição ao estado histológico dos cafeeiros do Brasil. **Departamento Nacional do Café. Revista**. V.2, n.19, p. 15-16, 1935.

FISHER , N.M.; BROWNING, G. The water requirements of high density coffee. 1. Responses to irrigation and plant water stress measurements. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.43, n.503, p.43-46, 1978.

IAFFE, A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Estimativa de temperatura-base e soma de graus-dia para o cafeeiro do florescimento até a colheita em Botucatu, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, CD-ROM.

IAFFE, A. et al. **Temperatura no fotoperíodo da colheita do café**. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?se=e&ID=264>> no Google. Acesso em 30 jul./2004.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; GUZMÁN-MARTÍNEZ, O. Relación entre la temperatura y el crecimiento em *Coffea arabica* L. variedade Caturra. **Cenicafé**, Caldas, v.35, n.3, p.57-65, 1984.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; VALENCIA-ARISTIZABAL, G. Los elementos climáticos e el desarrollo de *Coffea arabica* L. em Chinchina. **Cenicafé**, Caldas, v.31, n.4, p.127-143, 1980.

KUMAR, D. Investigation into some physiological aspects of high density planting of coffe (*Coffea arabica* L.). **Kenya Coffee**. Nairobi, v.43, n.510, p.263-272, 1978.

KUMAR, D.. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.: a review. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.44, n.519, p. 9-47, 1979.

LEMOS FILHO, I.P.; VILLA NOVA, N.A.; PINTO, H.S. A model including photoperiod in degree days for estimating Hevea bud growth. **International Journal of Biometerorology**, Leiden, v.41, n.1, p.1-4, 1997

LÓPEZ, C.F.J. et al. Influencia de la altitud en el desarrollo de plántulas de café en almácigo. **Cenicafé**, Caldas, v.23, n.4, p.87-97, 1972.

MARCHAND, L. **Recherches organographiques et organographiques sur le *Coffea arabica* L.** Paris. J. B. Bailliere et fils. 1863, 47p.

MENDES, A.J.T.; MEDINA, D.M.; MENDES, C.H.T. Citologia do desenvolvimento dos frutos sem sementes no café **Mundo Novo**. **Bragantia**, Campinas, v.13, n.22, p.257-279, 1954.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**, Brasília, 1992, 84 p.

NACIF, A. de P. **Fenologia e Produtividade do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizante, no cerrado de Patrocínio-MG.** Viçosa:UFV, 1997, 124p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

OYEBADE. T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigeria. **Turrialba**. San José, v.26, n.3, p.257-260, 1976.

RENA, A.B.; MAETRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA. T.(Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: PATAFOS, 1986, P.13-85.

RIVERA, R. Densidad de plantación y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado em el cultivo del cafeto, variedad Caturra, sobre suelos ferralíticos rojos compactados. **Cultivos Tropicales**, Havana, v.12, n.3, p.5-8, 1991.

SALAZAR-GUTIÉRREZ, M.R. et al. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. **Cenicafé**, Caldas, v.45, n.2, p.41-50, 1994.

SILVA, E.A. **Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo.** Viçosa:UFV, 2000, 33 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

SOUZA, S.M.C. de. **O café (*Coffea arabica* L.) na região Sul de Minas Gerais - relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos.** Lavras:UFLA, 1996, 170 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THORNSLEY, J.H.M. Respiration, growth and maintenance in plants. **Nature**, London, n.227, p.304-305, 1970.

VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relación entre el índice de area foliar y la productividad del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v.24, n.4, p.79-89, 1973.

VILLA NOVA, N.A. et al. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

VOLTAN, R.B.Q.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.4, n.2, p.99-105, 1992.

WORMER, T.M. The growth of coffee berry. **Annals of Botany**. London, v.28, n.109, p.47-65, 1964.

CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DO FRUTO DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, 474/19, E RELAÇÕES COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO

RESUMO - Em razão da importância dos elementos climáticos na produção de café, estudaram-se suas influências no crescimento e desenvolvimento do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Acaiá, 474/19, em plantio convencional (4,0m x 1,0m) e adensado (1,0m x 0,5m). Nos resultados obtidos ajustou-se um modelo logístico de crescimento, gerando uma curva sigmoideal, permitindo identificar três períodos distintos de crescimento: o primeiro apresentou crescimento logarítmico, envolvendo o crescimento do fruto do florescimento até 70 dias, quando começou o segundo, caracterizado por um crescimento exponencial até 160 dias, quando ocorreu um crescimento linear até a maturação completa, aos 220 dias. Os resultados foram semelhantes nos dois sistemas de plantio. Os pesos frescos máximos médios alcançados pelo fruto foram: 1,719 g no plantio convencional, 1,649 g no plantio adensado, sendo os pesos secos iguais a 0,700 g no plantio convencional e 0,638 g no plantio adensado. As taxas de crescimento foram praticamente iguais no plantio convencional: 0,030 g d⁻¹(peso fresco) e 0,029 g d⁻¹(peso seco), apresentando uma pequena diferença no plantio adensado: 0,031 g d⁻¹(peso fresco) e 0,029 g d⁻¹ (peso seco). Durante o crescimento do fruto, em ambos os sistemas de plantio, determinou-se a umidade, em base úmida, apresentando-se crescente até 110 dias, chegando a 88,28 %, em ambos os sistemas de plantio. Os pesos dos frutos foram relacionados com os acúmulos da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e graus-dia, sendo ajustados em curvas logísticas. Do florescimento à maturação foram acumulados 1771 MJ m⁻² de radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em ambos os plantios e 3235 graus-dia no plantio convencional e 3342,4 graus-dia no plantio adensado.

Palavras-chave: Café, desenvolvimento do fruto, graus-dia, radiação solar, temperatura.

GROWTH OF COFFEE TREE (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, 474/19, FRUIT AND RELATIONSHIPS WITH METEOROLOGICAL VARIABLES IN TWO PLANTING SYSTEMS

ABSTRACT - Change in the fresh and dry weight of *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 fruits were measured at ten days intervals, from flowering to ripening. The data were described well by the logistic growth function. Three characteristic phases of fruit development can be distinguished. Initially, there is a slow phase from flowering until day 70, followed by an exponential type of growth until day 160 and ending in a stabilization phase which extends until 220 day. The maximum fresh and dry weights were 1.72 g fruit⁻¹ and 0.70 g fruit⁻¹ in the low density planting and 1.65 g and 0.764 g fruit⁻¹ in high density. Relative growth rates were similar for both variables. Fruit moisture content on a wet basis, through fruit development was also observed. During early stages of growth, moisture content increased up to 88.28 % for both systems. After this point the moisture content decreased to crop 32.6 % in the low density planting and 26.0 % in the high density. Fresh and dry weight in the low density planting and in the high density also related to photosynthetically active radiation intercepted and accumulated and degree-day accumulated during development of fruit through the logistic function. An accumulation of 1771.0 MJ m⁻² of the photosynthetically active radiation in both planting and 3235.0 degree-day in low density planting and 3342.4 in high density were necessary for fruit to complete development.

Keywords - Coffee, fruit development, degree-day, solar radiation, temperature

Introdução

O crescimento e o desenvolvimento dos frutos do cafeeiro, para a maioria dos pesquisadores, se divide em três fases: a primeira é caracterizada por um crescimento lento em um período de 42 a 56 dias; a segunda apresenta um crescimento mais rápido até os 119 dias e a terceira, seria um crescimento acompanhado de sua maturação, cuja duração apresenta uma discrepância entre diversos pesquisadores. As fases de crescimento dos frutos são dependentes do genótipo e do ambiente onde eles se desenvolvem (SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). RAMAIAH & VASUDEVA (1969) e OYEBADE (1976) afirmaram que a duração da fase de crescimento lento seria de apenas 15 dias. Para LEON & FOURNIER(1962) e WORMER (1964), este período só termina quando ocorre o endurecimento do endocarpo e formação do endosperma, com duração de aproximadamente 60 a 70 dias.

Segundo WORMER (1964) e OYEBADE (1976), têm-se observado diferenças nos períodos de crescimento variável segundo as espécies e as cultivares. Existem registros de uso de vários tipos de curvas para descrever o crescimento do fruto em peso fresco e em peso seco como sigmoidal, dupla sigmoidal, linear, ou sem um ajuste estatístico. CALBO et al. (1989a,b) e PORTES & CASTRO JUNIOR (1991), sugeriram, ainda, utilizar nas análises de crescimento um programa analítico mais fácil e mais rápido para a comparação e interação genótipo e ambiente, o que não seria possível utilizando outros programas de análise de crescimento. Desta forma, tem-se tentado relacionar o crescimento com diferentes variáveis meteorológicas.

São poucos os estudos realizados sobre crescimento dos frutos do cafeeiro. RAMAIAH & VASUDEVA (1969), em estudo com *C. arabica* e *C. canephora* no sul da Índia, sugeriram o uso de curvas com crescimento de tendência bisigmoidal e GOMEZ (1977) com a variedade Caturra, na Colômbia, determinou a evolução semanal do diâmetro do fruto, e sugeriu o uso de uma curva com tendência, também, tipo sigmoidal dupla. Já SALAZAR-GUTIERREZ et. al.(1994), trabalhando com a variedade Colombia, na Colômbia, utilizou curvas de tendência sigmoidal. SUAREZ (1979), também neste País, com a variedade Caturra aos três anos e em medições semanais de diâmetro do fruto, determinou seu crescimento em quatro períodos: primeiro, com crescimento lento

e duração média de 36 dias; segundo, com crescimento rápido e duração média de 76 dias; terceiro com crescimento novamente lento e duração média de 78 dias; o último período terminou com a maturação do fruto, correspondendo a 27 dias, em média.

Estabelecer uma relação entre as variáveis climáticas foi o objetivo do trabalho de JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMÁN-MARTÍNEZ (1984), quando relacionaram o crescimento dos frutos do cafeeiro da cultivar Caturra em locais e épocas diferentes. Analisaram o diâmetro dos frutos de duas floradas com a soma térmica durante seu desenvolvimento. Do florescimento até a maturação foram 2560 e 2445 unidades térmicas, respectivamente.

Este trabalho visa comparar o desenvolvimento do fruto do cafeeiro, *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, no sistema de plantio com espaçamento convencional (4,0m x 1,0m ou 2.500 plantas/ha) e no sistema plantio com espaçamento adensado (1,0m x 0,5m ou 20.000 plantas/ha) e correlacionar esses parâmetros com as variáveis meteorológicas, radiação fotossinteticamente ativa e graus-dia.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, município de Uberaba(MG), em uma plantação de cafeeiros da cultivar Acaiá, 474/19, plantados sob pivô central, em fevereiro de 1999. O experimento estava instalado entre as seguintes coordenadas: longitude 48° 01' 35,7"W e 48° 01' 40,4"W; latitude 19° 30' 59"S e 19° 31' 02,3" S; altitude 834m e 849 m. Essas coordenadas geográficas foram levantadas através de GPS (Brunton®). Os resultados das análises granulométricas e químicas do solo estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

A classificação climática de Uberaba é, segundo Köppen, Aw. Os dados meteorológicos, observados na estação meteorológica automática, localizada próxima ao experimento, foram transformados em médias por decêndios e encontram-se na Tabela 3.

Amostragem de frutos

As amostras de frutos foram coletadas em plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, irrigadas sob pivô central, com 42 meses de idade (início do experimento) e 52 meses (final do experimento) em dois sistemas de plantio: convencional, no espaçamento 4,0 m x 1,0 m (2500 plantas por hectare); adensado, no espaçamento 1,0 m x 0,5 m (densidade de 20.000 plantas por hectare).

Tabela 1 - Análise granulométrica de solo - simples.

Espaçamento (Sist.Plantio)	Perfil (cm)	Argila	Limo	Areias		Classe Textural
				Fina	Grossa	
		g/kg				
Adensado	0 - 20	140	100	550	210	Arenosa
Adensado	20 - 40	160	100	560	180	Média
Adensado	40 - 60	180	80	560	180	Média
Adensado	60 - 80	170	40	580	210	Média
Largo	0 - 20	110	100	590	200	Arenosa
Largo	20 - 40	160	100	560	180	Média
Largo	40 - 60	160	90	550	200	Média
Largo	60 - 80	170	110	560	160	Média

Tabela 2 - Análise química do solo

Espaçamento (Sist.Plantio)	Perfil (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g.dm ⁻³)	P resina mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
Adensado	0 - 20	4,5	25	64	2,1	14	5	38	21,1	59,1	36
Adensado	20 - 40	4,5	19	31	1,9	12	5	34	18,9	52,9	36
Adensado	40 - 60	4,4	12	12	1,5	10	5	34	16,5	50,5	33
Adensado	60 - 80	4,4	9	8	1,3	8	4	28	13,3	41,3	32
Largo	0 - 20	4,9	13	33	1,3	20	10	20	31,3	51,3	61
Largo	20 - 40	5,2	10	22	1,0	18	7	16	26,0	42,0	62
Largo	40 - 60	4,8	8	5	0,8	13	6	18	19,8	37,8	52
Largo	60 - 80	4,7	8	3	0,7	10	4	20	14,7	34,7	42

Tabela 3 - Temperatura média a 2m de altura ($T_{m\acute{e}dia}$), umidade relativa média a 2 m de altura ($UR_{m\acute{e}dia}$), velocidade média do vento a 2 m de altura ($V_{m\acute{e}dia}$), radiação solar global a 2 m de altura (R_g) utilizados no cálculo a evapotranspiração de referência (ET_o). Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, 12/07/02 a 10/07/03.

Decêndio	$T_{m\acute{e}dia}$ (° C)	$UR_{m\acute{e}dia}$ (%)	$V_{m\acute{e}dia}$ (m/s)	R_g MJ/m ² .10d	ET_o mm/10d.
12 a 22/07	18,7	61,5	0,89	169,08	40,10
22 a 01/08	20,8	57,9	1,13	194,92	47,80
01 a 11/08	22,9	53,0	0,93	443,06	50,10
11 a 21/08	21,9	37,4	1,76	226,87	67,50
21 a 01/09	21,1	52,5	1,60	202,09	56,60
01 a 11/09	20,6	57,6	1,41	227,84	56,10
11 a 21/09	23,5	57,1	1,16	187,40	49,50
21 a 01/10	22,6	57,2	2,05	218,59	60,60
01 a 11/10	25,8	43,4	1,17	238,38	71,50
11 a 21/10	26,5	36,5	1,31	264,82	81,00
21 a 31/10	24,6	68,6	1,19	223,52	56,10
31 a 10/11	22,4	75,6	1,08	219,37	46,40
10 a 20/11	22,6	83,6	0,85	185,07	35,90
20 a 30/11	23,8	81,3	0,79	184,20	37,50
30 a 10/12	24,5	77,4	0,82	231,55	49,90
10 a 20/12	22,2	90,9	0,73	175,48	30,80
20 a 30/12	23,1	88,7	0,72	220,06	40,60
30 a 09/01	22,7	93,9	0,80	173,22	69,90
09 a 19/01	22,9	92,1	0,90	207,10	66,00
19 a 29/01	22,3	93,1	0,90	166,06	68,60
29 a 08/02	23,0	86,5	0,70	212,72	71,80
08 a 18/02	22,8	86,9	0,90	200,02	77,00
18 a 28/02	24,1	78,4	0,80	239,16	86,40
28 a 10/03	22,9	84,4	0,70	201,66	90,70
10 a 20/03	21,6	93,1	0,60	153,71	65,20
20 a 30/03	21,6	90,3	0,50	165,11	52,30
30 a 09/04	22,0	89,8	0,50	171,42	58,20
09 a 19/04	21,1	85,5	1,10	164,07	60,10
19 a 29/04	22,9	73,4	0,80	212,03	74,90
29 a 09/05	18,4	80,2	0,70	183,77	78,00
09 a 19/05	19,3	69,7	1,20	201,66	77,70
19 a 29/05	18,4	73,9	0,60	174,18	77,80
29 a 08/06	20,5	77,2	0,70	165,63	66,80
08 a 18/06	20,1	68,6	0,70	192,41	74,10
18 a 28/06	18,5	59,4	0,50	193,80	82,60
28 a 08/07	18,3	53,0	0,70	195,35	87,20

Foram selecionadas 110 plantas, em cada sistema de plantio. O estudo teve início no dia 1º de outubro de 2002, com o final do florescimento das plantas. Em cada sistema de plantio, foram selecionados e marcados dois ramos no primeiro terço superior da planta, por apresentarem um maior florescimento. A cada 10 dias colheram-

se os frutos dos dois ramos previamente marcados em 5 plantas. Essa operação se repetiu, por 22 vezes, até a maturação final dos frutos. Um outro ramo, também no primeiro terço superior, foi marcado, para que o peso fresco e o peso seco fossem obtidos.

O material colhido era colocado em sacos plásticos de peso conhecido, hermeticamente fechados, e levado ao laboratório da EPAMIG onde foi pesado em balança analítica de 0,0001 g de precisão. Após a pesagem fresca, os frutos foram colocados em saco de papel e secos, a 80 °C, em estufa com fluxo de ar, até peso constante, conhecendo-se assim o peso seco.

A umidade dos frutos foi calculada em base úmida, ou seja,

$$U = \frac{PF - PS}{PF} \times 100$$

onde: U = Umidade do fruto em %,

PF = Peso fresco em g,

PS = Peso seco em g.

Modelagem do crescimento dos frutos

Entre as várias equações indicadas para a obtenção dos índices de crescimento, a equação do modelo logístico foi utilizada nas relações entre os pesos fresco e seco dos frutos dos cafeeiros nos plantios convencional e adensado.

Função logística:

$$Y_t = a / \{1 + \exp[-k(t - xc)]\},$$

onde:

Y_t = média do peso fresco ou peso seco no tempo t;

a = máximo valor ou assíntota do peso de acordo com o peso ajustado;

xc = parâmetro de posição ou deslocamento da curva;

k = taxa relativa de crescimento.

t = decêndios

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos de três fontes: a) radiação solar global, R_g (EMA); temperatura do ar, T (EMA); fonte - Estação Meteorológica Automática (EMA), situada anexa ao cafezal e a 80 m do experimento;

b) radiação solar fotossinteticamente ativa incidente, $RFA(I_0)$; fonte - sensores de radiação solar fotossinteticamente ativa, RFA, colocado a 4,0 m do experimento e 0,2 m acima da planta- fonte: sensores de RFA; e

c) radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida, $RFA(I_t)$, no interior dos talhões dos plantios convencional (I_t, L) e adensado (I_t, A) e temperatura do ar, no interior dos talhões dos plantios convencional (TL) e adensado (TA) - fonte: sensores de RFA e termistor.

Na EMA o sensor de temperatura também era termistor da Vaisala, com resolução de 0,1 °C, o sensor de radiação solar global, era de célula de silício da Li-cor com resolução de 0,2 kW m⁻² mV⁻¹. Os dados foram armazenados a cada hora em datalogger.

Para a recuperação de dados nos períodos sem medições, foram estabelecidas análises de regressão entre: a) TL e TA e a temperatura na EMA [$T(EMA)$];

b) $RFA(I_0)$, e a radiação global (RG) da EMA [$R_g(EMA)$].

As equações são:

$$TL = 1,0108 T (EMA) \quad \text{com } R^2 = 0,9875$$

$$TA = 1,0369 T (EMA) \quad \text{com } R^2 = 0,9780$$

$$RFA(I_0) = 0,3908 R_g \quad \text{com } R^2 = 0,9296$$

Com os dados da RFA acima do dossel (I_0), os dados da RFA do interior dos talhões (I_t) e os índices de área foliar (IAF) calcularam-se os coeficientes de extinção (K) para cada sistema de plantio, através da equação (MONSI & SAEKI, 1953, citado por LARCHER, 2000):

$$K = - \frac{\ln(I_t/I_0)}{IAF}$$

O índice de área foliar (IAF) foi determinado para cada sistema de plantio através da fórmula :

$$IAF = \frac{AF}{Ac}$$

onde: AF é a área foliar, em dm^2 .

Ac é a área das projeções das copas, em dm^2 .

As áreas foliares foram estimadas medindo o comprimento e a largura de todas as folhas colhidas em cada parcela. Um fator de correção foi determinado, utilizando-se 100 folhas de cada sistema de plantio, que foram levadas ao laboratório do Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Fez-se a correção, medindo o valor real da área de cada folha, através do medidor de área foliar Δ deltaTdevices, e correlacionando com medições do comprimento (C) e largura (L) da mesma folha. Um mesmo fator de correção foi encontrando para os dois sistemas de plantio, 0,70. Posteriormente, aplicou-se a seguinte expressão:

$$AF = 0,70 \sum_{i=1}^n (Ci \cdot Li)$$

onde: n é o número total de folhas de uma planta em cada sistema de plantio.

Com o coeficiente de extinção determinado, a RFA (I_0) estimada a partir da Rg (EMA) e o IAF medido por decêndio em cada sistema de plantio, calculou-se a RFA interceptada (I_1) pelas folhas e frutos das plantas de café em cada sistema de plantio.

$$I_1 = I_0 \cdot [1 - \exp (-K \cdot IAF)]$$

As TL e TA utilizadas para estabelecer as regressões lineares foram obtidas através de sensores do tipo termistor, da Vaisala; com resolução de $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, e RFA (I_0) do tipo células de silício, da Li-Cor, com resolução $0,2 \text{ kW m}^{-2} \text{ mV}^{-1}$. A

RFA(I_i) no interior dos talhões utilizadas nos cálculos dos coeficientes de extinção foi obtida através de sensores de células de silício da Kipp & Zonen, com resolução $0,2 \text{ kW m}^{-2} \text{ mV}^{-1}$.

Calculou-se a temperatura média diária e posteriormente determinou-se a soma térmica (ST), tomando como temperatura base $10 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando como a temperatura em que abaixo dela o crescimento do fruto é inibido (JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMÁN-MARTÍNEZ, 1984):

$$ST = \sum_i^n (T_i - T_b)$$

onde: ST = Soma térmica em graus-dia;
 T_i = Temperatura média diária no tempo i ; em $^\circ\text{C}$;
 T_b = Temperatura base, em $^\circ\text{C}$ e
 $T_i - T_b$ = Unidade Térmica (UT).

Resultados e Discussão

Umidade dos frutos

Nas primeiras fases há um aumento considerável de umidade, desde $57,7\%$, no sistema convencional e $58,8 \%$, no sistema adensado, no primeiro decêndio, até o máximo de $88,3\%$ no 11° decêndio, em ambos os sistemas de plantio (Figura 1). Explica-se este comportamento, devido ao processo de divisão celular e de expansão das células dos frutos, pela capacidade de armazenar água (SALAZAR-GUTIERREZ, 1993). Na última fase, veio a maturação com $55,8 \%$ de umidade no plantio convencional e $59,9 \%$ no plantio adensado. Após o 24° decêndio, o fruto começou a mudar de cor de cereja para preto e a umidade diminuiu acentuadamente, apresentando $32,6 \%$ no plantio convencional e $26,0 \%$ no plantio adensado, no 27° decêndio.

Durante o armazenamento de água nos frutos, a variação da umidade foi, praticamente, semelhante nos dois sistemas de plantio (Figura 2), apresentando uma boa proximidade, com $R^2 = 0,9553$, com um índice de concordância (d) = $0,9814$ e um

erro padrão da estimativa normalizado (RMSE) = 5,1139. Situação em que os frutos no plantio convencional apresentaram 97,26 % da umidade dos frutos no plantio adensado, durante todo o seu ciclo.

Modelagem do crescimento dos frutos

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6, pode-se observar o ajuste da função logística aos dados de peso fresco no plantio largo ou convencional (PFFrL) e no plantio adensado (PFFrA) assim como, do peso seco no plantio largo ou convencional (PSFrL) e no plantio adensado (PSFrA) para as respectivas equações ajustadas:

$$PFFrL(g) = 1,91531 / \{1 + \exp [- 0,29965 (t - 16,04666)]\}$$

$$PFFrA(g) = 1,85665 / \{1 + \exp [- 0,30582 (t - 15,94406)]\}$$

$$PSFrL(g) = 0,99467 / \{1 + \exp [- 0,29460 (t - 19,19772)]\}$$

$$PSFrA(g) = 1,05892 / \{1 + \exp [- 0,28681 (t - 20,53157)]\}$$

Na Tabela 4, encontram-se as estimativas da taxa de crescimento relativo (k), assíntota (a), ponto de inflexão da curva (xc) (indicando o decêndio onde inicia a alteração da taxa de crescimento), a soma do quadrado dos desvios (SQD) e o coeficiente de determinação (R^2).

O ponto de inflexão das curvas das Figuras 3, 4, 5 e 6, que indica o decêndio onde inicia a variação na taxa de crescimento, ocorre quando o peso fresco ou seco atinge a metade do seu máximo. E esta situação ocorreu no 16º decêndio nos dois sistemas de plantio.

Crescimento e desenvolvimento do fruto

Analisando as Figuras 3, 4, 5 e 6 e as equações da função logística, verificou-se que o final da primeira fase do crescimento do fruto ocorreu quando ele atingiu o peso fresco de 119,4 mg e seco de 26,6 mg no plantio convencional. Já no plantio adensado esta fase finalizou-se com 113,1 mg de peso fresco e 21,4 mg de peso seco. O final da segunda fase ocorreu quando os pesos atingiram 957,7 mg; 497,3 mg; 928,3 mg e 529,5 mg, em peso fresco e seco no plantio convencional, e no plantio adensado,

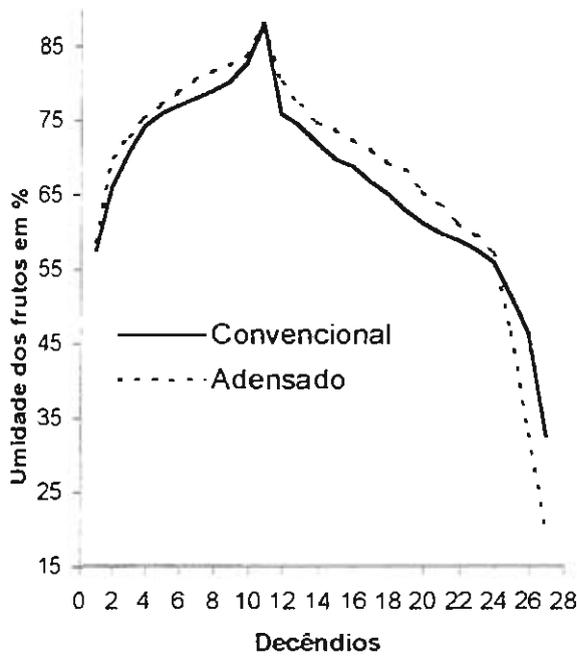


Figura 1 -Variação da umidade do fruto de *C. arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, durante o seu crescimento, nos plantios convencional e adensado.

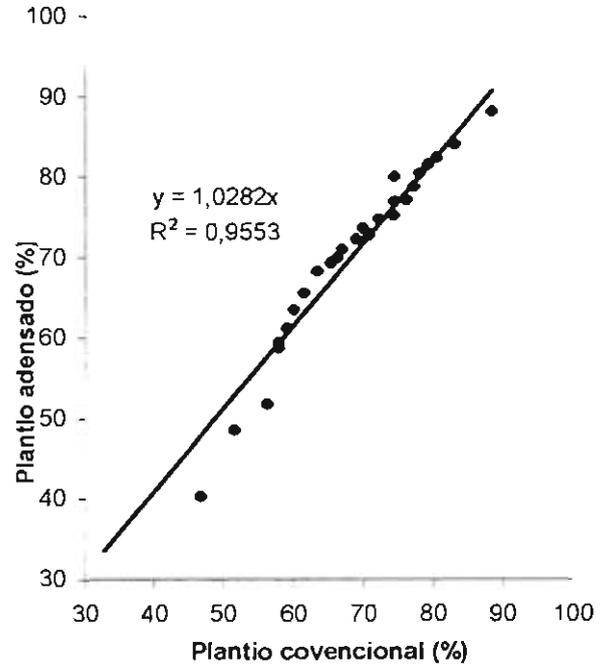


Figura 2 -Relação entre a umidade do fruto de *C. arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional e adensado do florescimento à sua queda natural.

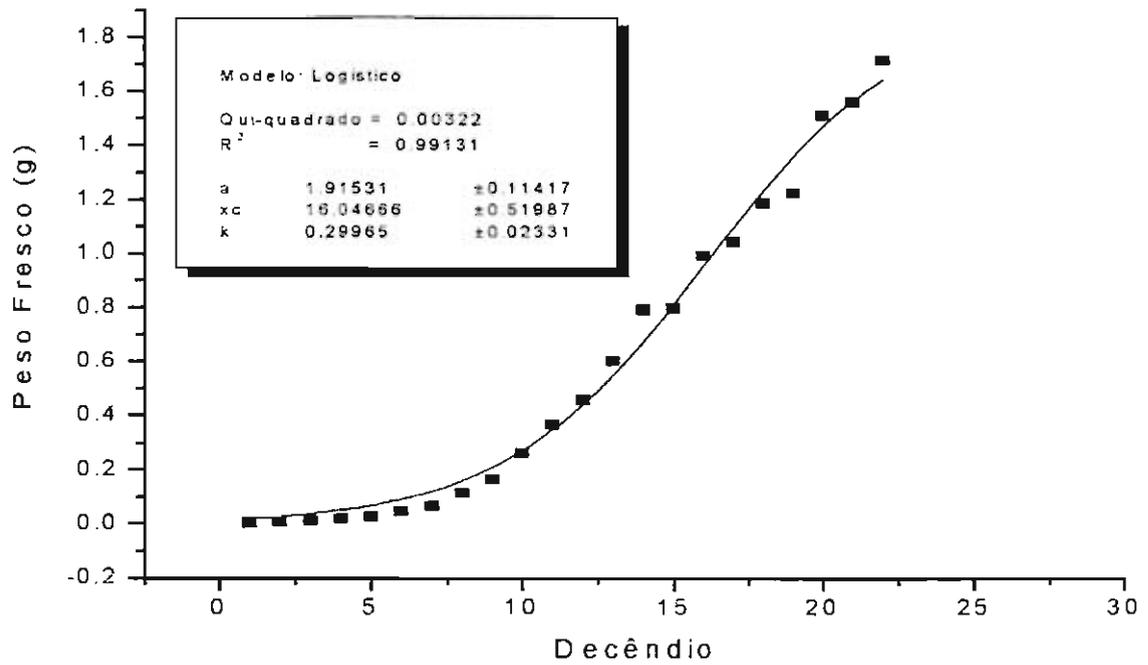


Figura 3 -Acúmulo de matéria fresca durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, no plantio convencional.

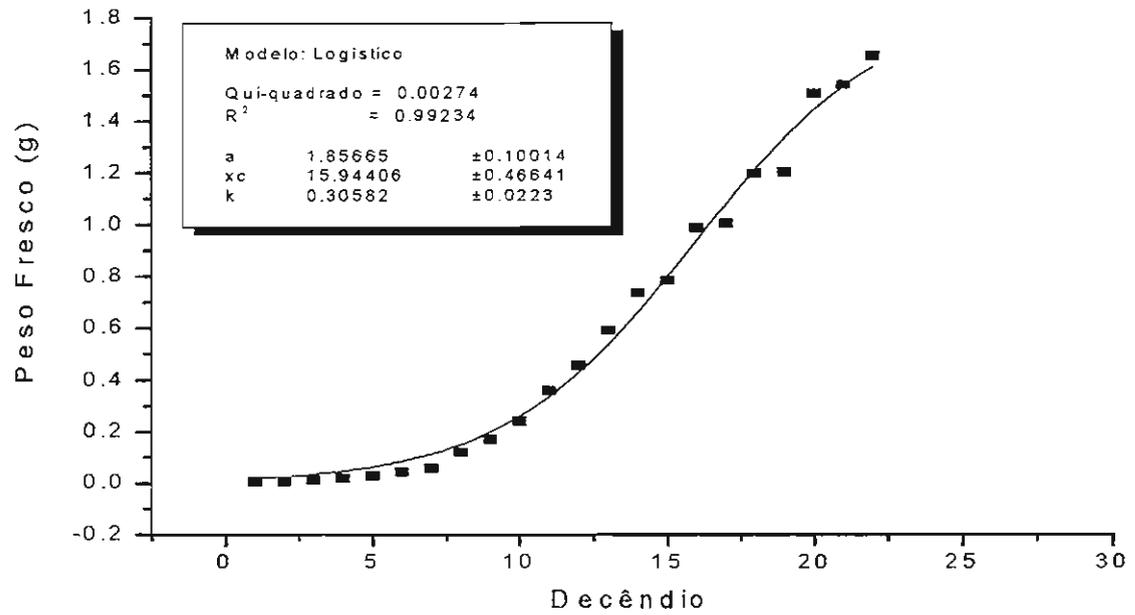


Figura 4 -Acúmulo de matéria fresca durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv Acaiá, 474/19, no plantio adensado.

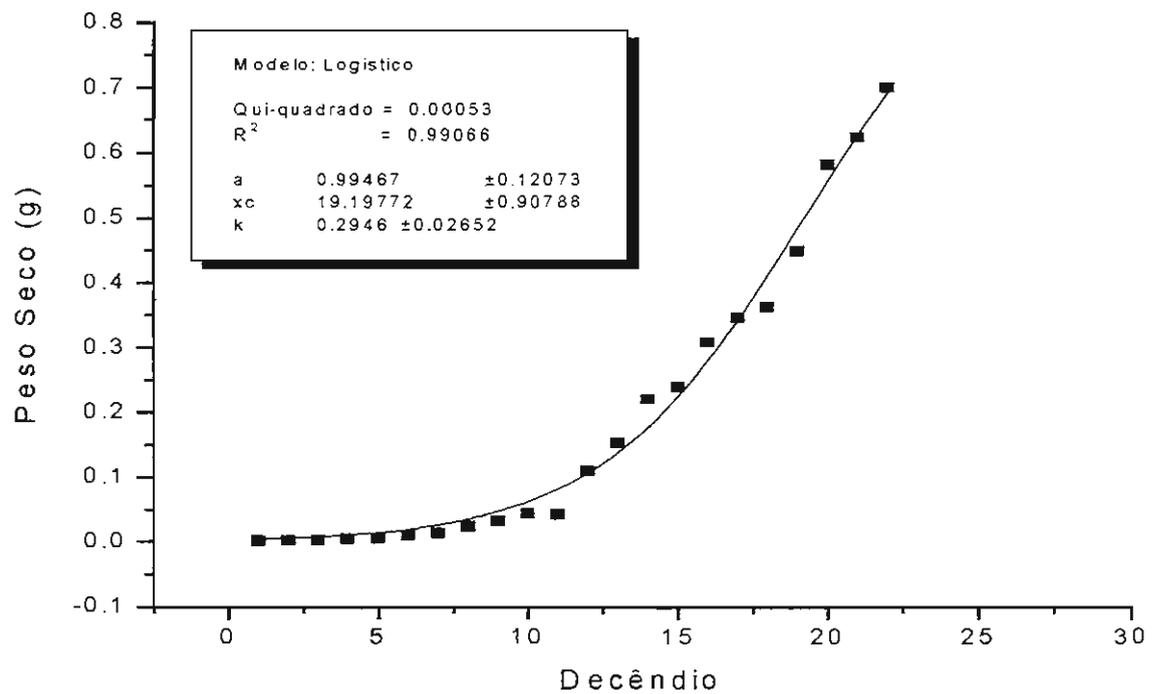


Figura 5 -Acúmulo de matéria seca durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv Acaiá, 474/19, no plantio convencional.

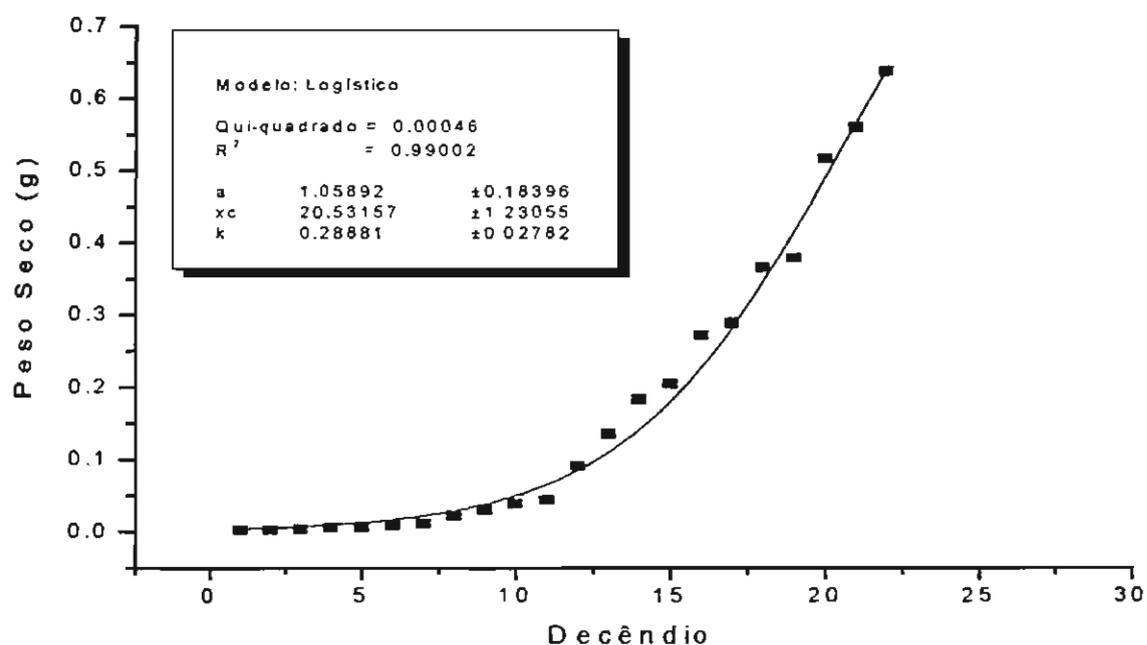


Figura 6 -Acúmulo de matéria seca durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv Acaia, 474/19 no plantio adensado.

Tabela 4 -Estimativas de ajustes da função logística, soma do quadrado dos desvios (SQD) e coeficiente de determinação (R^2) para o peso fresco e peso seco do café *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, no plantio convencional e adensado

Variáveis	Parâmetro	Estimativa	Intervalo de confiança		SQD	R^2
			LI	LS		
Peso fresco adensado	a	1,85665	1,75651	1,95679	0,00274	0,99234
	xc	15,94406	15,47765	16,41047		
	k (g/decêndio)	0,30582	0,28352	0,32812		
Peso fresco convencional	a	1,91531	1,80114	2,02948	0,00322	0,99131
	xc	16,04666	15,52679	16,56653		
	k (g/decêndio)	0,29965	0,27634	0,32296		
Peso seco adensado	a	1,05892	0,87496	1,24288	0,00046	0,99002
	xc	20,53157	19,30102	21,76212		
	k (g/decêndio)	0,28681	0,25899	0,31463		
Peso seco convencional	a	0,99467	0,87394	1,1154	0,00053	0,99066
	xc	19,19772	18,28986	20,10558		
	k (g/decêndio)	0,2946	0,26808	0,32112		

respectivamente. A última fase teve o seu final com 1639,85 mg; 994,67 mg; 1604,82 mg e 639,33 mg em peso fresco e seco nos plantios convencional e adensado, respectivamente.

Nas Figuras 3 e 4 e na Tabela 4 observaram-se as seqüências das alterações nos parâmetros do crescimento do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19.

O crescimento dos frutos do cafeeiro desde o final do florescimento até a maturação durou, em média, 220 dias, nas condições de Uberaba. Esses 22 decêndios do crescimento do fruto dividiram-se em três fases, considerando-se características como: aumento de peso fresco, aparência externa e interna. A primeira fase começou no final da florescimento e terminou quando houve um maior acréscimo no peso fresco do fruto, no final do sétimo decêndio (Figura 3 e 4 e Tabela 4). Esta fase caracterizou-se por um crescimento lento. Nela a aparência externa do fruto é de cor verde, tem um formato de cabeça de alfinete e é conhecido como chumbinho. Tem como aparência interna a presença de uma consistência gelatinosa, predominando um tecido tegumentoso, sem a formação de endosperma. O fruto cresceu nesta primeira fase, em média, 1,71 mg/dia, em peso fresco, no plantio convencional. No plantio adensado esse crescimento, também em média, foi de 1,62 mg/dia em peso fresco.

A segunda fase iniciou-se quando o fruto apresentou uma grande variação no seu peso e terminou quando atingiu o ponto de inflexão da curva logística, ocorrendo no 16º decêndio, tanto no plantio convencional como no adensado. Caracterizou-se por um crescimento rápido do fruto, tanto em tamanho quanto em peso fresco e peso seco. No seu interior o fruto possui um conteúdo aquoso e somente começa a perder água com a formação do endosperma ou formação da semente (LEON & FOURNIER, 1962; WORMER, 1964; SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., 1994). O fruto apresentou um crescimento médio de 10,48 mg/dia em peso fresco no plantio convencional e 10,19 mg/dia no plantio adensado.

A terceira fase começou com a inflexão da curva (Figuras 3 e 4) e terminou com a maturação dos frutos. Nesta fase, o crescimento continuou rápido e teve como principal característica a mudança de cor do fruto de verde para cereja, alcançando sua maturação fisiológica e, conseqüentemente, crescimento máximo, com o pericarpo, o endosperma e o embrião completamente desenvolvidos, estando pronto para ser

colhido. O fruto na terceira fase apresentou um ganho médio de 11,37 mg/dia em peso fresco, no plantio convencional e 11,26 mg/dia em peso fresco, no plantio adensado.

Após a maturação, o fruto passa por um processo de secagem na própria planta, até cair. Nesse momento, o fruto perde peso aceleradamente, chegando a perder 25,21 mg /dia em peso fresco e 7,95 mg/dia em peso seco, no plantio convencional e 24,58 mg/dia e 6,03 mg/dia, no plantio adensado, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Peso fresco e peso seco dos frutos de *Coffea arabica* L. cv. Acaíá, 474/19 em plantios convencional e adensado

Decêndios	Convencional		Adensado		Convencional		Adensado	
	P.Fresco (g)	C.V. (%)	P.Fresco (g)	C.V. (%)	P.Seco (g)	C.V. %	P.Seco (g)	C.V. (%)
1	0,0049	19,04	0,0048	21,84	0,0021	26,70	0,0020	20,47
2	0,0087	20,58	0,0081	19,51	0,0029	27,68	0,0024	19,3
3	0,0124	24,76	0,0113	24,02	0,0036	29,01	0,0031	24,32
4	0,0199	11,75	0,0194	16,23	0,0051	13,47	0,0048	13,62
5	0,0275	13,41	0,0275	19,42	0,0066	11,95	0,0062	14,95
6	0,0466	15,19	0,0426	15,36	0,0106	13,47	0,0089	13,28
7	0,0658	18,90	0,0577	18,78	0,0144	18,04	0,0112	19,07
8	0,1145	14,84	0,1205	22,80	0,0240	16,75	0,0220	21,81
9	0,1636	3,73	0,1714	12,83	0,0323	6,39	0,0300	16,23
10	0,2597	9,06	0,2401	11,79	0,0446	27,09	0,0384	19,35
11	0,3650	9,49	0,3584	14,03	0,0421	46,01	0,0427	29,30
12	0,4583	3,24	0,4563	3,97	0,1100	10,66	0,0904	10,59
13	0,6020	2,76	0,5900	4,80	0,1539	8,26	0,1354	12,82
14	0,7913	6,75	0,7346	20,22	0,2201	4,68	0,1837	20,72
15	0,7964	4,52	0,7830	2,10	0,2396	7,57	0,2049	10,29
16	0,9916	2,72	0,9878	4,50	0,3084	6,39	0,2725	7,03
17	1,0420	27,14	1,0028	13,37	0,3464	30,33	0,2892	14,46
18	1,1851	2,25	1,1958	4,03	0,3625	5,21	0,3657	5,86
19	1,2221	5,41	1,1992	10,15	0,4490	5,37	0,3790	11,65
20	1,5100	3,38	1,5035	4,03	0,5821	5,20	0,5159	6,30
21	1,5581	10,52	1,5361	10,39	0,6236	11,58	0,5594	13,37
22	1,7109	14,17	1,6486	6,26	0,7001	12,87	0,6376	10,29
23	1,0059	8,39	1,1784	17,04	0,4254	12,38	0,4740	14,83
24	0,9142	14,94	0,8880	9,17	0,4019	17,21	0,3801	12,18
25	0,7328	7,21	0,7114	7,27	0,3542	7,32	0,3785	18,01
26	0,5787	7,43	0,5344	8,48	0,3087	10,46	0,3587	15,94
27	0,4503	7,64	0,4194	3,57	0,3026	13,91	0,3362	11,89

O frutos ainda continuaram perdendo peso, principalmente seco, devido perdas em respiração e ataques de microorganismos.

As taxas de crescimento relativo (Tabela 4) no plantio convencional foram praticamente iguais para o peso fresco ($29,97 \text{ mg dia}^{-1}$) e o peso seco ($29,46 \text{ mg dia}^{-1}$). Já para o plantio adensado houve pequena diferença entre o peso fresco ($30,58 \text{ mg dia}^{-1}$) e o peso seco ($28,68 \text{ mg dia}^{-1}$), havendo uma maior aproximação entre os pesos frescos em ambos os sistemas de plantio do que dentro do próprio sistema adensado (peso fresco e peso seco). Como os pesos aumentaram em velocidades diferentes, não atingiram o mesmo ponto máximo (assíntota), ou seja $1,9158 \text{ g}$ para o PFFrL, $1,8566 \text{ g}$ para o PFFrA, $1,0589 \text{ g}$ para PSFrA e $0,9946 \text{ g}$ para o PSFrL.

Os frutos em todas as fases, em relação ao peso fresco e ao peso seco, mostraram-se semelhantes nos dois sistemas de plantio. Apenas o peso seco apresentou um maior distanciamento entre os dois sistemas de plantio, na primeira e terceira fases. O peso seco final de 336 mg no plantio adensado, foi maior que no plantio convencional, de 302 mg (Tabela 5).

Estes resultados aproximaram-se dos resultados encontrados por WORMER (1964), no Kênya, e SALAZAR-GUTIÉRREZ et al., (1994), na Colômbia, trabalhando com *Coffea arabica* L. var. Colômbia. OYEBADE (1969), na Nigéria, encontrou cinco fases de crescimento do fruto trabalhando com *Coffea canephora*, atribuindo esta diferença à espécie e às condições ambientais. RAMAIAH & VASUDEVA, 1969, estudando o crescimento de frutos de cafeeiro no estágio "cereja" de duas linhagens, ' S 795 ' e ' S 288 ', de *Coffea arabica* L. e avaliando o aumento de peso fresco, peso seco e o acúmulo de nitrogênio em diferentes partes do fruto, desde a fase chumbinho até a maturação, em comparação com *Coffea canephora*, observaram curvas em bissigmoides, mostrando três distintos períodos máximos de crescimento em peso fresco e peso seco e em acúmulo de nitrogênio. GOMEZ (1977) com a variedade Caturra, na Colômbia, determinou a evolução semanal do diâmetro do fruto, e sugeriu o uso de uma curva com tendência, também, tipo sigmoidal dupla. SUAREZ (1979) determinou o crescimento do fruto em quatro períodos: lento (36 dias), rápido (76 dias), novamente lento (78 dias) e o último terminou com a maturação do fruto (27 dias). Mas, para LEON & FOURNIER (1962) não existe critério uniforme que comprove sobre os

para LEON & FOURNIER (1962) não existe critério uniforme que comprove sobre os fatores que determinam os períodos que compõem esta classe de curvas. A intensidade de crescimento tem sido atribuída à competência dos frutos e dos componentes vegetativos da planta, como: desenvolvimento dos tecidos do grão; deficiência de absorção de água com a acidez e fornecimento periódico de hormônios.

Para NACIF (1997), as estruturas reprodutivas, botões florais, formação de chumbinhos, frutos verdes formados, são influenciados pelo adensamento.

Relação entre o peso fresco e o peso seco em plantio convencional e entre o peso fresco e o peso seco em plantio adensado

Este tipo de relação para o fruto é muito importante, pois permite calcular com uma certa precisão e confiabilidade o seu peso seco em função do peso fresco. Nas Figuras 7 e 8 encontram-se as relações observadas entre o peso fresco e os peso seco nos sistemas de plantio: convencional e adensado. A relação entre o peso fresco e o peso seco foi denominada por alguns autores (KENIG et al., 1993) como sendo uma variável de grande importância, pois permite simplificar custos em estudos de crescimento.

Este ajuste é válido para as condições do ambiente e da espécie e cultivar estudados. Ajustes ambientais, de espécies e variedades poderão generalizar as seguintes expressões para os plantios:

convencional: $PSFrL = 0,81271 / \{1 + \exp [-2,98257 (PFFrL - 1,15854)]\}$ $R^2 = 0,9811$

adensado: $PSFrA = 0,74487 / \{1 + \exp [-2,98715 (PFFrA - 1,16984)]\}$ $R^2 = 0,9813$

Em todas as fases, houve um maior crescimento do fruto no plantio convencional. Por exemplo: com um mesmo peso fresco de 0,100 g, nas Figura 7 e 8, encontraram-se os valores de 0,033 g no plantio convencional(PSFrL) e 0,029 g no plantio adensado(PSFrA), ou seja, PSFrA é 87,9% do PSFrL.

Na segunda fase, o plantio convencional apresentou menor crescimento em relação ao plantio adensado. Utilizando 0,900 g de peso fresco, nas Figuras 7 e 8

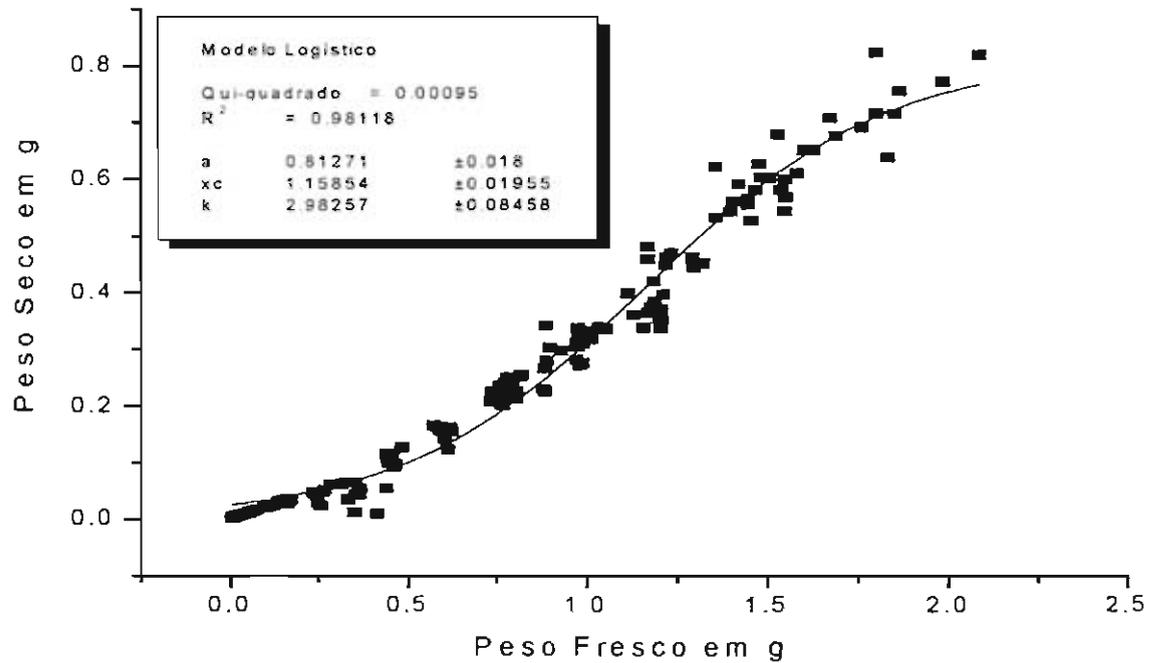


Figura 7 - Relação entre o peso fresco(PFFrL) e o peso seco(PSFrL) de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 em plantio convencional.

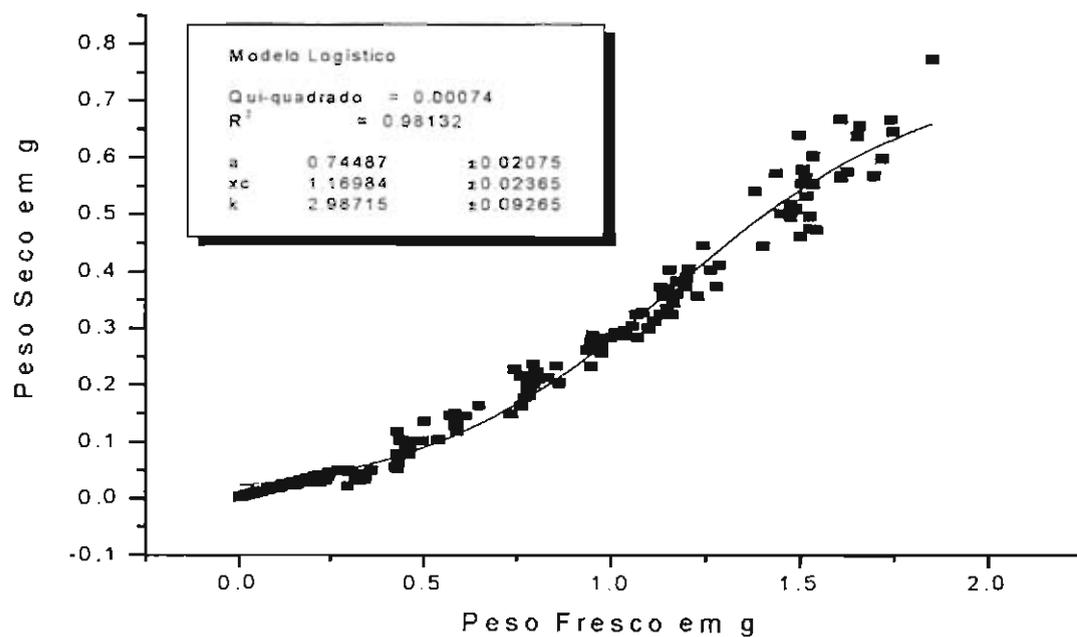


Figura 8 - Relação entre o peso fresco(PFFrA) e o peso seco(PSFrA) de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, em plantio adensado

encontraram-se os valores de 0,257 g de PSL e 0,230 g de PSA, ou seja, PSA é 89,5 % do PSL.

Na terceira fase do crescimento, o plantio convencional manteve a performance, mas com uma diferença reduzida. Com 1,600 g de peso fresco, nas Figuras 7 e 8 encontrou-se os valores de 0,641 g de PSL e de 0,583 g de PSA, ou seja, PSA é 91,0 % do PSL.

Relação entre o crescimento e desenvolvimento do fruto (peso fresco e peso seco) e as variáveis meteorológicas

Os frutos do cafeeiro é afetado pelas variações meteorológicas de tal forma que elas determinam suas diferentes fases de crescimento. Nas regiões frias, por exemplo, o tempo entre a florescimento e maturação do fruto é maior que em regiões quentes.

A arquitetura da planta afeta a troca de energia com o ambiente, o que pode ter efeito sobre a temperatura do ar, da folha e do fruto e no armazenamento de calor devido a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa que chega acima do dossel.

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 encontram-se os resultados dos modelos logísticos entre o peso fresco e seco do fruto e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (I_i), para os sistemas de plantio convencional e adensado, mostrando que esta relação é do tipo sigmoidal, podendo ser representada pelas equações:

$$PFFrL = 2,01645 / \{ 1 + \exp [- 0,00364 (I_i L - 1350,08874)] \} \quad R^2 = 0,9926$$

$$PSFrL = 1,02832 / \{ 1 + \exp [- 0,00377 (I_i L - 1575,72668)] \} \quad R^2 = 0,9919$$

$$PFFrA = 1,93361 / \{ 1 + \exp [- 0,00678 (I_i A - 1335,82112)] \} \quad R^2 = 0,9933$$

$$PSFrA = 0,95008 / \{ 1 + \exp [- 0,00381 (I_i A - 1593,06369)] \} \quad R^2 = 0,9941$$

Ao final da primeira fase do crescimento dos frutos, no plantio convencional foram acumuladas 593 MJ m⁻² de I_i para o crescimento dos frutos de 0,1206 g de PFFrL e 0,0247 g de PSFrA. Nessa mesma fase, foram necessários 607,86 MJ m⁻² de I_i para o crescimento dos frutos de 0,1160 g de PFFrA e 0,0218 g de PSFrA.

Na segunda fase, 1328,49 MJ m⁻² de I_i foram necessários para o crescimento dos frutos de 0,9686 g de PFFrL, de 0,2905 g de PSFrL, de 0,9539 g de PFFrA e de 0,2542 g de PSFrA.

Na terceira fase, com I_i acumulada de 1771,00 MJ m⁻², o crescimento dos frutos foi de 1,6583g de PFFrL, de 0,6954 g PSFrL, de 1,6206 de PFFrA e de 0,6300g de PSFrA.

Na segunda e terceira fases, mesmo com a radiação solar interceptada sendo igual, o crescimento dos frutos foi ligeiramente maior no plantio convencional.

Durante o período do experimento, do início até o crescimento máximo do fruto, houve o crescimento de todas as áreas foliares. E as áreas foliares, juntamente com as áreas das projeções das copas, foram utilizadas na determinação dos índices de área foliar. À medida que o IAF aumentou, a I_i tornou-se igual a I₀, ou seja, toda a I₀ foi interceptada em ambos os sistemas de plantio. Esta situação começou a partir do 6º decêndio, no plantio adensado e do 11º, no plantio convencional. Esta é, também, a razão da semelhança no crescimento do fruto nos dois sistemas de plantio.

JARAMILLO-ROBLEDO (1979), em Piracicaba, em um dossel vegetativo com a cv. Catuai encontrou 96 % de interceptação pelas folhas do total de radiação fotossinteticamente incidente no topo da planta, sendo que para a var. Bourbon Amarelo esta interceptação foi de 93 %. O interessante é que a primeira camada, no cafeeiro Catuai, a interceptação foi de 88 %, restando, apenas, 8 % da radiação fotossinteticamente ativa incidente disponível para as outras camadas da planta, sendo que na var. Bourbon observou-se 93% e 2%, respectivamente. O autor encontrou coeficientes de extinção para a RFA de 0,49 e 0,42 para os cafeeiros da cv. Catuai e da var. Bourbon Amarelo respectivamente.

Em Uberaba, trabalhando com cafeeiros Acaiá, 474/19, em duas densidades de plantio, encontrou-se durante a primavera uma interceptação da RFA pelas folhas de 92% no plantio convencional e 98% no plantio adensado, no verão esta interceptação foi de 99% no plantio convencional e 100% no plantio adensado e no outono foi de 99 % em ambos os sistemas de plantio. Nesse mesmo trabalho encontrou coeficientes

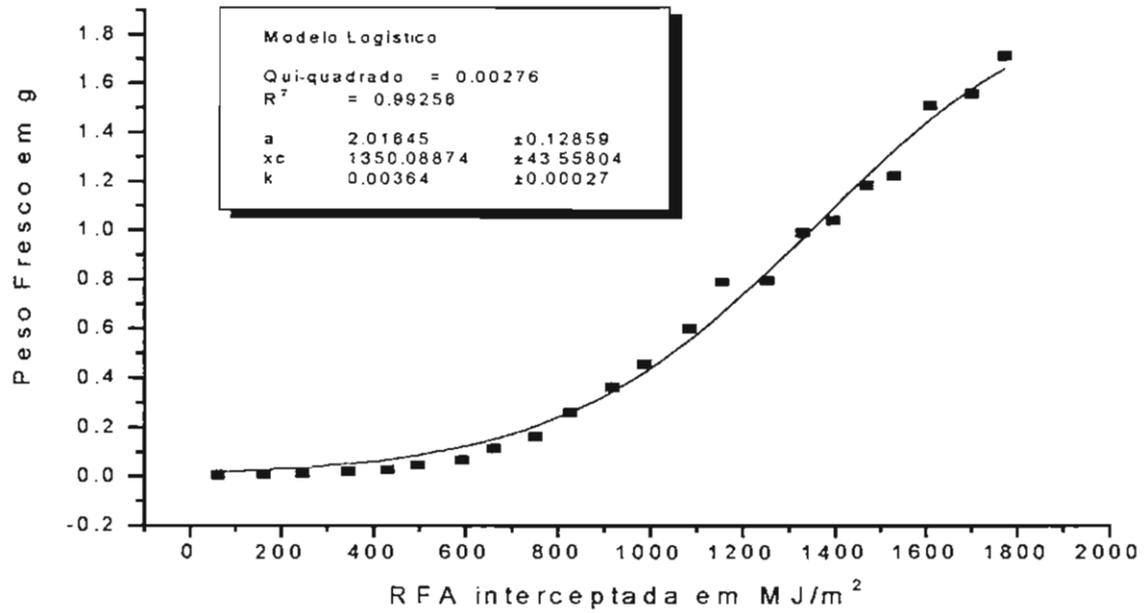


Figura 9 -Relação entre o peso fresco do fruto de *coffea arabica* L. cv. Acaiá,474/19, em plantio convencional, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, RFA(I_i), acumulada

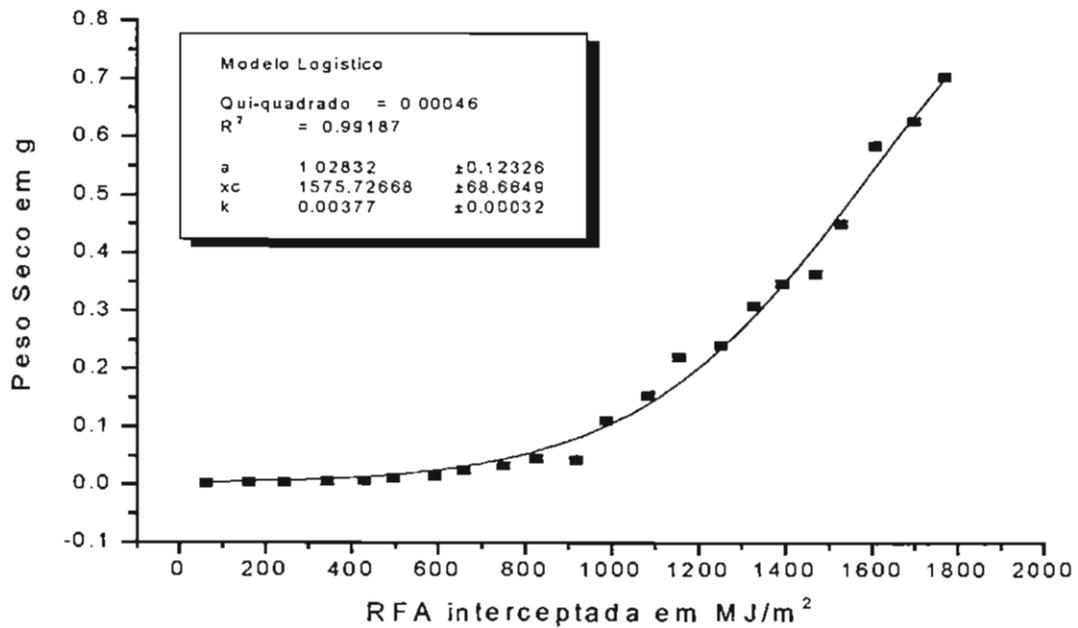


Figura 10 -Relação entre o peso seco do frutos de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá,474/19, em plantio convencional, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, RFA (I_i), acumulada

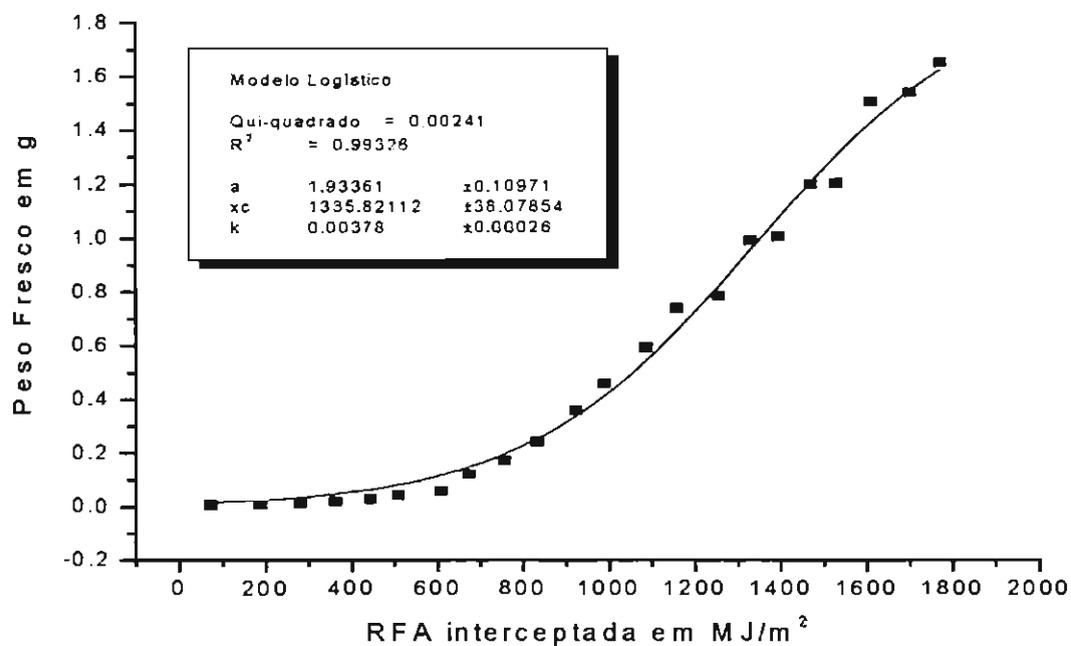


Figura 11 -Relação entre o peso fresco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá,474/19, em plantio adensado, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, RFA (I_i) acumulada.

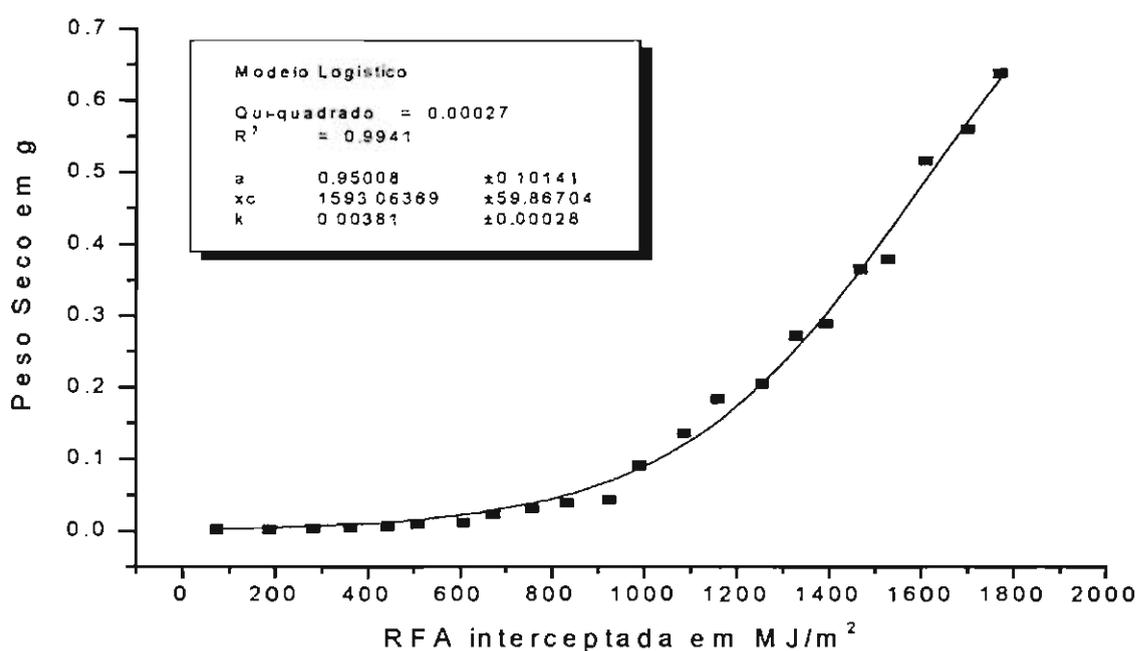


Figura 12 -Relação entre o peso seco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, em plantio adensado, e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, RFA(I_i) acumulada.

de extinção de 0,57 e 0,69 para os plantios convencional e adensado, respectivamente.

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 observou-se a relação entre o crescimento dos frutos do cafeeiro, em peso fresco e seco em dois sistemas de plantio, convencional e adensado e a soma térmica no interior dos talhões dos respectivos sistemas de plantio. Esta relação foi do tipo sigmoideal, podendo ser representada pelas equações:

$$\begin{aligned} \text{PFFrL} &= 2,3958 / \{ 1 + \exp [- 0,00168 (\text{STL} - 2764,48371)] \} & R^2 &= 0,9913 \\ \text{PSFrL} &= 1,6245 / \{ 1 + \exp [- 0,00174 (\text{STL} - 3411,18181)] \} & R^2 &= 0,9934 \\ \text{PFFrA} &= 2,1768 / \{ 1 + \exp [- 0,0017 (\text{STA} - 2736,09042)] \} & R^2 &= 0,9912 \\ \text{PSFrA} &= 1,51502 / \{ 1 + \exp [- 0,00166 (\text{STA} - 3559,16053)] \} & R^2 &= 0,9939 \end{aligned}$$

Até o final da primeira fase do crescimento houve um acúmulo de 1048,3 graus-dia, quando o fruto, no plantio convencional, teve um peso fresco de 0,1270 g e peso seco de 0,0262 g. No plantio adensado, a primeira fase terminou com acúmulo de 1080,6 graus-dia e o peso fresco do fruto de 0,1231 g e peso seco de 0,0244 g.

A segunda fase terminou com o peso fresco do fruto de 0,9627 g e peso seco de 0,2874, no plantio convencional, quando a soma térmica foi de 2527,7 graus-dia. Já no plantio adensado, a soma térmica foi de 2600,4 graus-dia e 0,9634 de peso fresco e 0,2563 g de peso seco.

Na última fase de crescimento a soma térmica foi de 3235 graus dia, no plantio convencional, que apresentou frutos com 1,6481 g de peso fresco e 0,6887 g de peso seco. No plantio adensado, a soma térmica foi de 3342,4 graus-dia, e frutos com peso fresco de 1,6044 g e peso seco de 0,6227 g.

Nos sistemas de plantio, as plantas responderam diferentemente às variações das somas térmicas no interior dos talhões. Para a mesma soma térmica, como 1800 graus-dia, no plantio convencional, o peso fresco foi de 0,3957 g e o peso seco de 0,0928 g, no plantio adensado o peso fresco foi de 0,3683 e o peso seco de 0,0775 g.

Na Tabela 6, encontram-se os valores acumulados, por decêndios e por sistema de plantio, da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e da soma térmica. Observa-se que, no período da florescimento até a maturação final do fruto, acumularam-se 1771,12 MJ m⁻² de radiação fotossinteticamente ativa interceptada,

3235 graus-dia, no plantio convencional e 1770,81 MJ m⁻², 3342,4 graus-dia, no plantio adensado.

As somas térmicas no interior dos talhões, na primeira e terceira fases, não foram responsáveis pelo maior crescimento do fruto, visto que, ela foi menor no plantio convencional, onde houve maior crescimento do fruto. Mas na segunda fase, o

Tabela 6 -Valores acumulados das variáveis meteorológicas determinadas no período do experimento.

Decêndios	RFA i MJ m ⁻²		Soma térmica Graus-dia	
	Convencional	Adensado	Convencional	Adensado
1	62,93	72,91	161,3	165,4
2	162,94	188,46	349,6	358,1
3	246,56	281,14	500,3	513,3
4	345,17	362,31	639,1	657,8
5	429,99	444,69	771,2	794,8
6	496,09	510,30	899,2	927,0
7	593,13	607,86	1048,3	1080,6
8	660,97	674,34	1173,7	1211,2
9	751,14	757,92	1307,9	1350,3
10	826,81	833,95	1453,8	1501,6
11	918,64	924,44	1596,9	1650,2
12	987,67	990,12	1733,1	1792,2
13	1084,52	1086,03	2117,2	2174,5
14	1156,89	1157,97	2243,6	2243,6
15	1254,04	1254,55	2388,6	2388,6
16	1328,49	1328,76	2527,7	2600,4
17	1394,10	1394,24	2649,2	2727,1
18	1469,47	1469,52	2781,0	2864,7
19	1527,88	1527,90	2891,4	2980,7
20	1609,93	1609,79	3032,2	3127,2
21	1699,52	1699,44	3161,3	3262,1
22	1771,12	1770,81	3235,0	3342,4

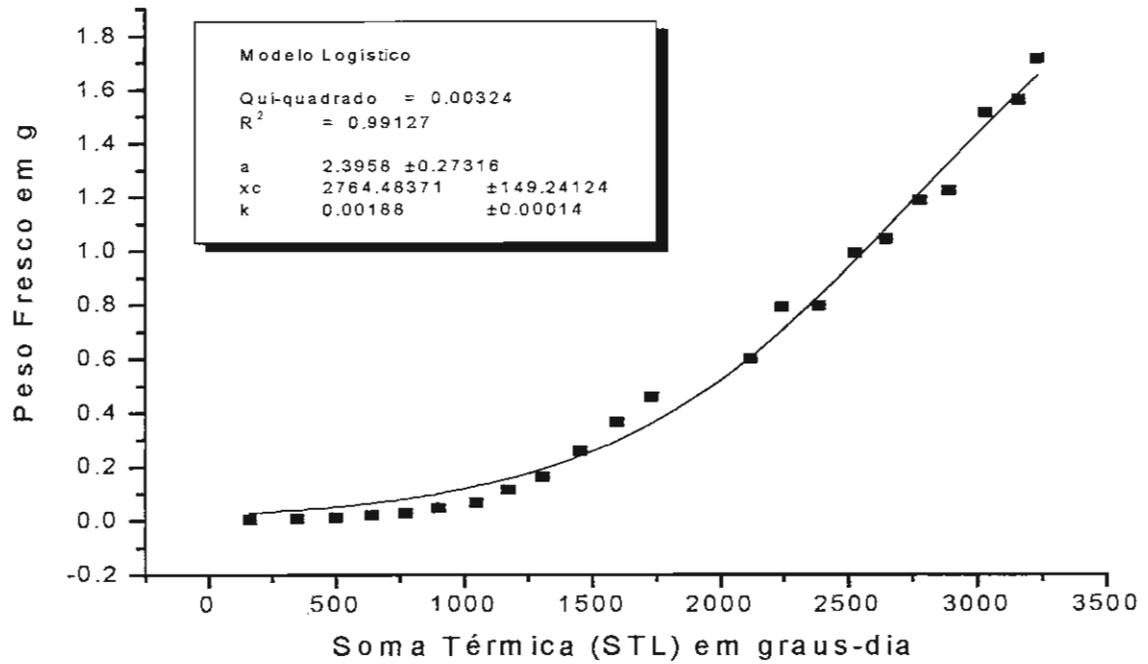


Figura 13 -Relação entre o peso fresco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio convencional.

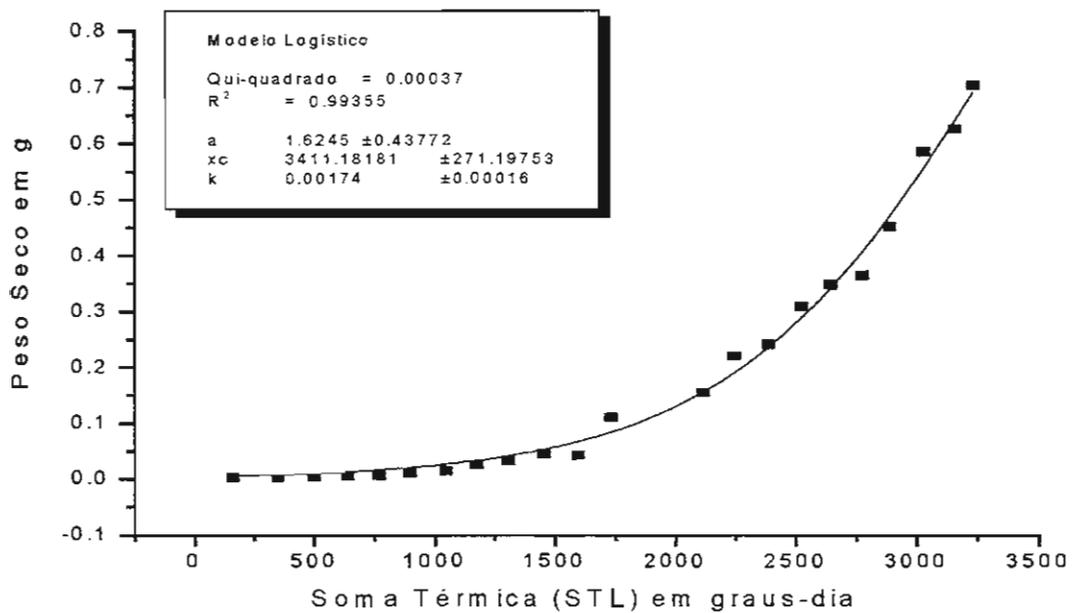


Figura 14 -Relação entre o peso seco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio convencional.

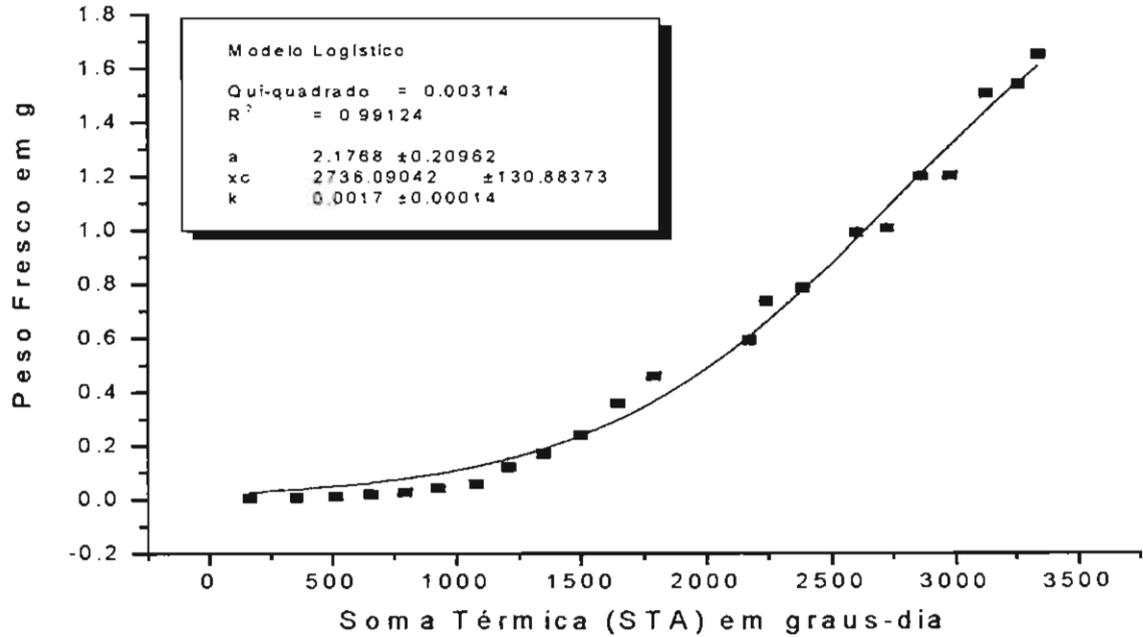


Figura 15 -Relação entre o peso fresco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio adensado

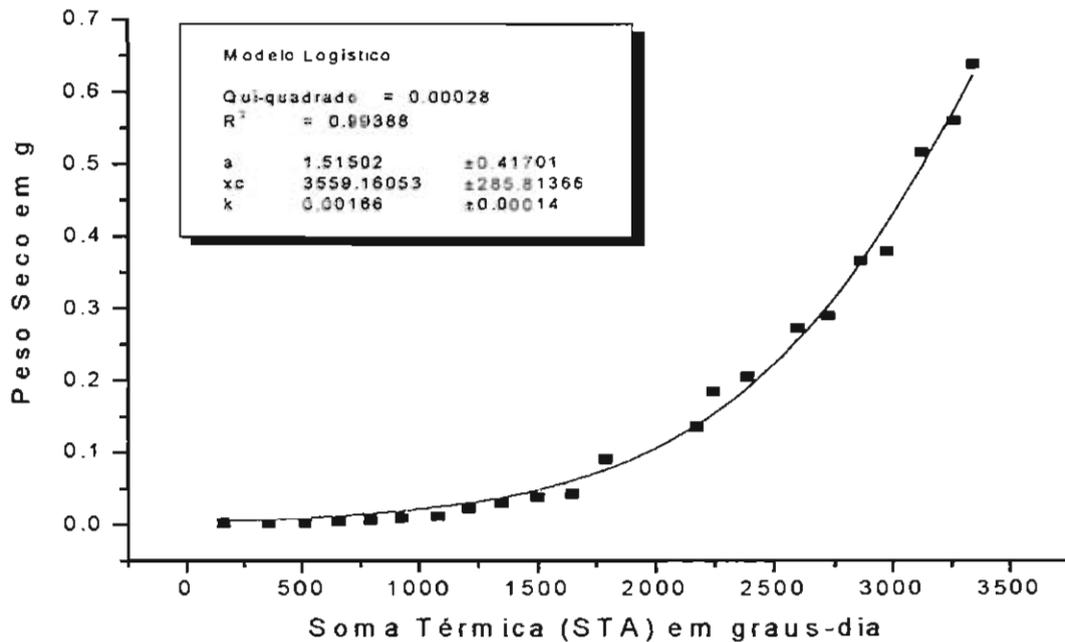


Figura 16 -Relação entre o peso seco do fruto de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e a soma térmica, em graus-dia, no interior do plantio adensado.

crescimento do fruto foi maior no plantio adensado, quando a soma térmica também foi maior. A mesma situação ocorreu com a radiação solar interceptada.

JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMÁN-MARTÍNEZ (1984), quando relacionaram o crescimento dos frutos do cafeeiro da cultivar Caturra em locais e épocas diferentes, analisaram o seu diâmetro em duas floradas com a soma térmica durante seu desenvolvimento. Do florescimento até a maturação foram 2560 e 2445 graus-dia, respectivamente, quando a temperatura base utilizada foi de 10 °C.

IAFE et al. (2004) em estudo para simular a temperatura base e avaliar os graus-dia acumulados entre o florescimento e a colheita do cafeeiro Mundo Novo, encontraram uma temperatura base inferior de 11 °C e superior de 32 °C. A soma térmica encontrada foi de 2642 graus-dia.

Em Uberaba, estabeleceu-se o crescimento do fruto da cultivar Acajá, 474/19, em três fases, com 70, 160 e 220 dias após o florescimento, baseadas na aparência interna, externa e no peso. E quando se relacionou o desenvolvimento do fruto com os graus-dia, em duas densidades de plantio, do florescimento à maturação fisiológica, encontraram-se valores de 3235,0 e 3342,4 para o plantio convencional e adensado, respectivamente. Os dados das temperaturas para as determinações das médias diárias foram determinadas no interior dos talhões, nos dois sistemas de plantio, motivo da diferença entre os resultados encontrados por outros pesquisadores. A temperatura base utilizada foi de 10 °C.

Conclusões

Para as condições em que foi desenvolvida a pesquisa, os resultados alcançados permitiram as conclusões a seguir:

-os dois sistemas de plantio, convencional e adensado, apresentaram comportamento semelhante quanto ao crescimento e desenvolvimento dos frutos, em peso fresco e seco.

-houve uma alta correlação entre o peso fresco e o peso seco do fruto, indicando que o acúmulo de matéria seca é uma importante variável, nos dois sistemas de plantio.

-existe uma forte relação funcional entre os pesos fresco e seco dos frutos do cafeeiro Acaiá, 474/19, e as variáveis meteorológicas radiação fotossinteticamente ativa interceptada e graus-dia.

-os dados relativos ao acúmulo de matéria seca ajustaram-se ao modelo logístico.

Referências

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.1, p.1-7, 1989a.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C.; TORRES, A.C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.1, p.9-17, 1989b.

GOMEZ G, L. Influência de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v.1, n.28, p.3-17, 1977.

IAFFE, A. et al. **Temperatura no fotoperíodo da colheita do café**. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?se=e&ID=264>> no Google. Acesso em 30 jul./2004.

JARAMILLO-ROBLEDO, A. **Balanço de radiação solar em Coffea arabica L. variedade Catuaí e Bourbon amarelo**. Piracicaba, ESALQ, 1979, 68 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, 1979.

JARAMILLO-ROBLEDO, A. GUZMÁN-MRTÍNEZ, O. Relación entre la temperatura y el crecimiento de *Coffea arabica* L. var. Caturra. **Cenicafé**, Caldas, v.3., n.35, p.57-65, 1984.

KENIG, A.; et al. Agroclimatology and modeling: development of soybean fresh and dry weight relationships for real time model calibratio. **Agronomy Journal** , v.85, p.140-146, 1993.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000, 531p.

LEON, L.; FOURNIER M, J.L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. **Turrialba**, San José, v.2, n.12, p.65-74, 1962.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992, 84p.

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

OYEBADE, T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigeria. **Turrialba**, San José, v.26, n.3, p.257-260, 1976.

PORTES, T.de A.; CASTRO JUNIOR, L.G.de C. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, n.1, p.53-56, 1991.

RAMAIAH, P.K.; VASUDEVA, N. Observations on the growth of the coffee berries in south India. **Turrialba**, San José, v.19, n.4, p.455-464, 1969.

SALAZAR-GUTIERREZ, M.R. **Estudio anatómico y fisiológico del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia**. Popayán (Colombia), Universidad del Cauca, 1993. 98p. (Tesis Licenciada en Biología)

SALAZAR-GUTIERREZ, M.R. et al. Crecimiento del fruto de café *Coffea arabica* L. var. Colombia. **Cenicafé**, Caldas, v.45, n.2, p.41-50, 1994

SUAREZ, S.J.V. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de Café. Avances Técnicos. **Cenicafé**, Caldas, n.89, p.1-4, 1979.

WORMER, T.M. The growth of coffee berry. **Annals of Botany**. London, v.28, n.109, p.47-65, 1964.

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO FENOLÓGICA DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, Linhagem 474/19, EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO.

RESUMO - O objetivo do trabalho foi comparar o crescimento dos componentes vegetativos do cafeeiro Acaiá, 474/19, em dois sistemas de plantio, e avaliar as relações entre o crescimento e as variáveis meteorológicas, nos dois sistemas de plantio. O experimento foi conduzido em Uberaba, MG, sob pivô central, em cafeeiro Acaiá, 474/19, onde dois talhões foram selecionados, um deles no espaçamento 4,0 x 1,0m (convencional) e o outro em 1,0 x 0,5m (adensado), no período de 12/07/02 a 08/07/03. As respostas das plantas foram medidas sobre dez componentes vegetativos em relação à radiação fotossinteticamente ativa interceptada, aos graus-dia e ao déficit de pressão de vapor. Verificou-se que a altura da planta, o diâmetro do coleto, o número de ramos e o número de nós foram mais sensíveis e responderam linearmente; o número de folhas, o peso seco foliar e o peso seco dos ramos responderam em função exponencial; e a área foliar, o peso seco dos frutos e o índice de área foliar responderam em função quadrática, às variáveis meteorológicas utilizadas, quando foram realizadas análises de regressão entre os componentes vegetativos da planta e os acúmulos da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel, graus-dia e déficit de pressão de vapor, medidos no interior dos talhões dos plantios convencional e adensado. O adensamento proporcionou o aumento da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, dos graus-dia e do déficit de pressão de vapor, proporcionando diminuição do crescimento em todos os componentes vegetativos da planta analisados, com exceção do índice de área foliar. Em contrapartida, mostrou que com menor área foliar e maior interceptação de radiação fotossinteticamente ativa, a planta foi capaz de se adaptar e produziu mais matéria seca, mas apresentou folhas menos espessas e de menor capacidade de exportação de matéria seca para os demais componentes da planta.

Palavras-Chave: Café, crescimento de plantas, déficit de pressão de vapor, graus-dia, temperatura, radiação solar.

PHENOLOGICAL EVALUATION OF COFFEE TREE (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, 474/19, IN TWO PLANTING SYSTEMS.

ABSTRACT - The objective of this research was to compare the growth of the vegetative components of the coffee Acaiá, 474/19, in two planting system and to get the relationships between these growth and meteorological variables in two planting systems. The research used the *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, in Uberaba, MG, under central pivot, where two planting systems had been selected, one in spacing 4.0 x 1.0 m and other in 1.0 x 0.5 m, from 12/07/2002 to 08/07/2003. The answers of the coffee trees had been measured on vegetative components in relationship to the photosynthetically active radiation intercepted, the degree-day and the vapor pressure deficit. It was verified that the plant height, the stem basal diameter, the number of branches and node number had been more sensible and had answered linearly, the leaf number, the leaf dry weight and shoot dry weight had answered in exponential function and leaf area, fruit dry weight and leaf area index had answered in quadratic function to the used meteorological variables, when regression analysis had been carried through enter the vegetative components of the plant and the accumulation of the photosynthetically active radiation intercepted, the degree-day and the vapor pressure deficit measured in the internal planting systems. The planting system of the high density provided the increase of the photosynthetically active radiation intercepted, the degree-day and the vapor pressure deficit, providing reduction of the growth in all analyzed the vegetative componentes of the plant, with exception in the leaf area index. On the other situation it showed that with lower leaves areas and greater interception of the photosynthetically active radiation the plant was capable of if adapting and produced more dry matter/m², but presented lower leaf tickness lower capacity in exportation of dry matter.

Keywords - Coffee, plant growth, vapor pressure deficit, degree-day, temperature, solar radiation.

Introdução

A cafeicultura moderna se orienta, nos dias atuais, para alcançar o máximo de produtividade. Com este intuito, os pesquisadores têm conduzido as mais variadas pesquisas, de modo a tornar os materiais genéticos mais resistentes e mais adaptados às condições ambientais, que possam intervir no processo produtivo da cultura. Exploram-se potencialidades genéticas, investigam-se as melhores interações genótipo x ambiente, para se chegar a um objetivo comum, ou seja, produções eficientes. O ambiente da produção deve ser conhecido, quanto às suas potencialidades, para suportar uma produção econômica, pois a máxima produtividade aliada ao menor custo de produção somente poderá ser atingida, se proporcionar às plantas, condições que as permitam expressar todo o seu potencial produtivo (CÂMARA & HEIFFIG, 2000).

A cafeicultura é atividade de grande expressão no cenário agroindustrial brasileiro, destacando o Brasil como o maior produtor e o maior exportador de café do mundo. Sua produção primária representa benefício social da ordem de 10 milhões de brasileiros dependentes diretos e contribui em torno de dois bilhões de dólares anuais para a balança de pagamentos (NACIF 1997).

Minas Gerais, segundo diagnóstico da cafeicultura em Minas Gerais-FAEMG/EPAMIG, é atualmente o maior Estado produtor de café do Brasil, com mais de 52 % da produção total brasileira. E o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é a terceira região de maior produção no Estado de Minas Gerais, produzindo café no ecossistema do cerrado brasileiro com a mais alta tecnologia praticada no Brasil. Essa situação demanda mudanças radicais no sistema tecnológico de produção para se obter maior competitividade do produto brasileiro

Na atualidade muitos produtores estão plantando café em altas densidades, variando de 5.000 a 10.000 plantas por hectare. O cultivo do café adensado apresenta-se como alternativa viável para redução dos custos de produção e para maior produtividade por área. Contudo, tal prática obriga os cafeeiros a se adaptarem morfo-fisiologicamente às novas condições do ambiente.

As pesquisas com altas densidades de plantio se iniciaram em meados da década de 60, em vários países, com parcelas de até 20.000 plantas por hectare. Essas

modificações do tipo de cultivo geraram transformações no ambiente atmosférico das plantações, gerando variações nos florescimentos, nas frutificações e no desenvolvimento vegetativo da planta, durante o ciclo de produção.

Um dos primeiros trabalhos sobre o microclima em cafeeiros foi realizado por KIRKPATRICK (1935), citado por JARAMILLO-ROBLEDO(1994), no Quênia, onde ele comparou condições climática dos cafeeiros relacionadas com os dados das estações meteorológicas

Vários pesquisadores estudaram o comportamento morfofisiológico do cafeeiro com as condições microclimáticas. Foram realizados balanços de radiação solar, balanços de energia, temperatura das folha e dos ramos, umidade atmosférica, evapotranspiração e ventos dentro das plantações (FRANCO & INFORZATO, 1950; BIERHUIZEM et al., 1971; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, 1973; BARROS & MAESTRI, 1974; MAESTRI & BARROS 1977; AKUNDA et al., 1979; JARAMILLO-ROBLEDO, 1979; KUMAR, 1979; JARAMILLO-ROBLEDO & VALÊNCIA-ARISTIZÁBAL, 1980; BARROS et al., 1982; JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMAN-MARTÍNEZ, 1984; ALVES et al, 1985; RENA & MAESTRI, 1985; JARAMILLO ROBLEDO, 1994; ARCILA-PULGARÍN & CHAVES-CORDÓBA, 1995; NACIF, 1997; RENA et al., 1998; FARIA et al. 2001).

Dessa forma, esta pesquisa procurou contribuir para o aperfeiçoamento do cultivo do cafeeiro, buscando avaliar as influências das variáveis meteorológicas nas reações do cafeeiro sob baixa e elevada densidades de cultivo. Especificamente, as variações no crescimento e no desenvolvimento dos componentes vegetativos e reprodutivo do cafeeiro, como altura da planta, diâmetro do caule e da copa, número de ramos, área foliar, número de nós, número de folhas, peso seco foliar, peso seco de ramos, peso seco de frutos e período de maturação dos frutos; e variáveis climáticas, como radiação fotossinteticamente ativa, soma térmica e déficit de pressão de vapor.

Considerando-se o valor econômico do café para o País, tornam-se necessários estudos mais detalhados das exigências dessa cultura quanto aos aspectos climáticos. Este trabalho se propôs avaliar o desenvolvimentos do cafeeiro, *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, em dois sistemas de plantio, convencional (4 x 1 m ou 2.500 plantas/ha) e adensado (1 x 0,5 m ou 20.000 plantas/ha) irrigado sob pivô central e sob influência de variáveis meteorológicas.

Mudanças do comportamento da planta, referentes aos aspectos climáticos, devem orientar novas práticas de manejo, especialmente nos reflexos diretos sobre a qualidade do produto a ser colhido.

Propôs-se também, com este trabalho, esclarecer algumas dúvidas ecofisiológicas dos cafeeiros, tanto no sistema adensado como no convencional. São aspectos muito variáveis em função do grau de adensamento, da distribuição espacial das plantas dentro da lavoura, da variedade, do clima, do solo e do manejo. São portanto necessários a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para que se possa auferir bons retornos.

Material e Métodos

Descrição da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, município de Uberaba(MG), em uma área com 6 % de declividade, em uma plantação de cafeeiro *Coffea arabica* L cv. Acaiã, 474/19, plantado sob pivô central, em fevereiro de 1999 e em vários espaçamentos. O experimento estava localizado entre as seguintes coordenadas: longitude 48° 01' 35,7"W e 48° 01' 40,4"W; latitude 19° 30' 59"S e 19° 31' 02,3" S; altitude 834m e 849 m obtidas por um GPS (Brunton®).

As análises granulométrica, química e física do solo apresentaram resultados conforme Tabelas 1, 2 e 3. Foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

A classificação climática de Uberaba é, segundo Köppen, Aw. Os dados meteorológicos, observados na estação meteorológica automática, localizada próxima ao experimento, foram transformados em médias por decêndios e encontram-se na Tabela 4.

Tabela 1 - Análise granulométrica de solo - simples.

Espaçamento (Sist.Plantio)	Perfil (cm)	Argila	Limo	Areia		Classe Textural
				Fina	Grossa	
		----- g/kg -----				
Adensado	0 - 20	140	100	550	210	Arenosa
Adensado	20 - 40	160	100	560	180	Média
Adensado	40 - 60	180	80	560	180	Média
Adensado	60 - 80	170	40	580	210	Média
Largo	0 - 20	110	100	590	200	Arenosa
Largo	20 - 40	160	100	560	180	Média
Largo	40 - 60	160	90	550	200	Média
Largo	60 - 80	170	110	560	160	Média

Tabela 2 - Análise química do solo

Espaçamento (Sist.Plantio)	Perfil (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g/dm ³)	P resina (mg.dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
Adensado	0 - 20	4,5	25	64	2,1	14	5	38	21,1	59,1	36
Adensado	20 - 40	4,5	19	31	1,9	12	5	34	18,9	52,9	36
Adensado	40 - 60	4,4	12	12	1,5	10	5	34	16,5	50,5	33
Adensado	60 - 80	4,4	9	8	1,3	8	4	28	13,3	41,3	32
Largo	0 - 20	4,9	13	33	1,3	20	10	20	31,3	51,3	61
Largo	20 - 40	5,2	10	22	1,0	18	7	16	26,0	42,0	62
Largo	40 - 60	4,8	8	5	0,8	13	6	18	19,8	37,8	52
Largo	60 - 80	4,7	8	3	0,7	10	4	20	14,7	34,7	42

Tabela 3 - Análise física do solo

Espaçamento (Sist. Plantio)	Profundidade das amostras (cm)	Densidade aparente (g/cm ³)	Umidade do solo		Macros (%)	Micros (%)	Porosidade (%)
			saturado (%)	0,1 atm (%)			
Adensado	20	1,545	23,076	13,932	14,114	21,497	35,612
Adensado	40	1,460	26,425	14,293	17,708	20,863	38,272
Largo	20	1,616	19,957	11,847	13,058	19,152	32,210
Largo	40	1,555	22,313	12,574	15,128	19,560	34,688

Tabela 4 - Temperatura média a 2m de altura(Tmédia), umidade relativa média a 2 m de altura(UR média), velocidade média do vento a 2 m de altura (Vmédio), radiação solar global a 2 m de altura (Rg) utilizados no cálculo a evapotranspiração de referência (ETo). Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, 12/07/02 a 10/07/03.

Decêndio	Tmédia (° C)	URmédia (%)	Vmédio (m/s)	Rg (MJ/m ² .10d)	ETo (mm/10d.)
12 a 22/07	18,7	61,5	0,89	169,08	40,10
22 a 01/08	20,8	57,9	1,13	194,92	47,80
01 a 11/08	22,9	53,0	0,93	443,06	50,10
11 a 21/08	21,9	37,4	1,76	226,87	67,50
21 a 01/09	21,1	52,5	1,60	202,09	56,60
01 a 11/09	20,6	57,6	1,41	227,84	56,10
11 a 21/09	23,5	57,1	1,16	187,40	49,50
21 a 01/10	22,6	57,2	2,05	218,59	60,60
01 a 11/10	25,8	43,4	1,17	238,38	71,50
11 a 21/10	26,5	36,5	1,31	264,82	81,00
21 a 31/10	24,6	68,6	1,19	223,52	56,10
31 a 10/11	22,4	75,6	1,08	219,37	46,40
10 a 20/11	22,6	83,6	0,85	185,07	35,90
20 a 30/11	23,8	81,3	0,79	184,20	37,50
30 a 10/12	24,5	77,4	0,82	231,55	49,90
10 a 20/12	22,2	90,9	0,73	175,48	30,80
20 a 30/12	23,1	88,7	0,72	220,06	40,60
30 a 09/01	22,7	93,9	0,80	173,22	69,90
09 a 19/01	22,9	92,1	0,90	207,10	66,00
19 a 29/01	22,3	93,1	0,90	166,06	68,60
29 a 08/02	23,0	86,5	0,70	212,72	71,80
08 a 18/02	22,8	86,9	0,90	200,02	77,00
18 a 28/02	24,1	78,4	0,80	239,16	86,40
28 a 10/03	22,9	84,4	0,70	201,66	90,70
10 a 20/03	21,6	93,1	0,60	153,71	65,20
20 a 30/03	21,6	90,3	0,50	165,11	52,30
30 a 09/04	22,0	89,8	0,50	171,42	58,20
09 a 19/04	21,1	85,5	1,10	164,07	60,10
19 a 29/04	22,9	73,4	0,80	212,03	74,90
29 a 09/05	18,4	80,2	0,70	183,77	78,00
09 a 19/05	19,3	69,7	1,20	201,66	77,70
19 a 29/05	18,4	73,9	0,60	174,18	77,80
29 a 08/06	20,5	77,2	0,70	165,63	66,80
08 a 18/06	20,1	68,6	0,70	192,41	74,10
18 a 28/06	18,5	59,4	0,50	193,80	82,60
28 a 08/07	18,3	53,0	0,70	195,35	87,20

Em cada linha de plantio havia um aspersor do pivô central com uma vazão de 6,2 mm/12 horas, ficando parado por 12 horas durante a noite. O tempo da irrigação foi controlado pela evapotranspiração de referência calculada segundo o método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Dentro do cafezal com plantio de Acaiá, 474/19, dois talhões foram selecionados, sendo um deles em plantio adensado no espaçamento de 1,0 x 0,5 m (densidade de 20.000 plantas/ha) e o outro em plantio convencional no espaçamento de 4,0 x 1,0 m (densidade de 2.500 plantas/ha). A área do talhão com espaçamento adensado foi de 520 m² com 950 plantas, e no espaçamento convencional foi de 1.770 m², com 434 plantas, sendo que destas, 280 foram utilizadas no experimento, ou seja, 140 plantas no plantio convencional e 140 plantas no plantio adensado.

Amostragens e determinações

Folhas, frutos, ramos e inflorescência. As amostras foram coletadas em plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, com 40 meses de idade (início do experimento) e 52 meses (final do experimento) em dois sistemas de plantio. O início do estudo se deu no dia 12 de julho de 2002, com os parâmetros de medições mensais e no dia 1º de outubro, com o florescimento, para os parâmetros de 27 decêndios. Em cada sistema de plantio selecionaram-se, e marcaram-se dois ramos no primeiro terço superior e que fosse representativo de toda a planta, em um total de 10 plantas. A cada 10 dias colheu-se um ramo plagiotrópico primário previamente marcado por planta, totalizando 20 ramos por decêndio, onde se fizeram as medições do número de nós, número de folhas, área foliar, peso da matéria seca foliar, peso da matéria seca dos frutos, peso da matéria seca dos ramos, umidade das folhas, umidade dos frutos e área de projeção da copa. Essa operação foi repetida por 27 vezes, à cada 10 dias, até o início da queda natural dos frutos da planta. Na planta, à cada 30 dias mediu-se: a altura, o diâmetro do coleto e o número de ramos. Esta operação foi repetida por 12 vezes.

O material colhido foi separado em lâminas foliares, frutos, ramos e inflorescência e colocado em sacos plásticos de peso conhecido, hermeticamente fechados e levado ao laboratório de solos da EPAMIG/Uberaba, onde foi pesado em balança analítica de 0,0001g de precisão. Após a pesagem da matéria fresca (PF), contou-se o número de folhas e mediu-se o comprimento (C) e a largura (L) de todas as folhas colhidas.

No momento da coleta dos ramos, contou-se o número de ramos em cada planta (NR). A área das folhas (AF) por planta, número de folhas (NF) por planta, o peso da matéria fresca e peso da matéria seca de folhas, frutos e ramos por planta foram estimados multiplicando seus valores por ramo pelo número de ramos por planta.

Área foliar (AF)

A área foliar foi estimada medindo-se o comprimento e a largura de todas as folhas colhidas em cada parcela. Um fator de correção foi determinado, utilizando-se 100 folhas de cada sistema de plantio, que foram levadas ao laboratório do Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Fez-se a correção, medindo-se o valor real da área de cada folha, através do medidor de área foliar Δ deltaTdevices, e correlacionando-a com o produto do comprimento (C) e largura (L) da mesma folha, através de análise de regressão passando pela origem. O fator de correção encontrado para os dois sistemas de plantio foi igual a 0,70. Posteriormente, aplicou-se a seguinte expressão: $AF = 0,70 \sum_{i=1}^n (C_i \cdot L_i)$, onde n é o número total de folhas de uma planta em cada sistema de plantio e AF é a área foliar em dm².

Índice de Área Foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) foi determinado para cada sistema de plantio através da fórmula: $IAF = AF/Ac$; onde: AF é a área foliar, em dm²; Ac é a área das projeções das copas, em dm².

Matéria Seca

Após pesagem da matéria fresca, contagem e medições das folhas, frutos, ramos e inflorescências e separados previamente, o material foi colocado em sacos de papel e seco a 70 - 80°C em estufa com fluxo de ar, até peso constante, obtendo-se o peso da matéria seca (PS) de cada parte e o peso da matéria seca total, considerada para o caso (PStotal).

Umidade das folhas e dos frutos

A umidade foi calculada em base úmida, ou seja,

$$U = \frac{PF - PS}{PF} 100$$

onde:

U = Umidade da folha ou do fruto (%), PF = Peso fresco (g) e PS = Peso seco (g).

Análise de crescimento

De posse dos dados de área foliar, e de peso da matéria seca, procedeu-se os cálculos de alguns parâmetros fisiológicos para análise de crescimento, utilizando fórmulas matemáticas propostas EVANS (1972), descritos a seguir:

Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar, em dm^2/g , foi determinada através da razão entre os valores da área foliar total (AFtotal), em dm^2 , e da matéria seca total (MStotal), em g, obtidos em cada sistema de plantio e em cada amostragem (decêndio) :

$$\text{RAF} = \text{AFtotal}/\text{MStotal}$$

Área foliar específica (AFE)

A área foliar específica , em dm^2/g , é a relação entre a superfície foliar total (AFtotal) e o peso de matéria seca das folhas. A área foliar específica é calculada através da razão entre a área foliar e a matéria seca das folhas:

$$\text{AFE} = \text{AF} / \text{MSfolha}$$

Peso específico das folhas (PEF)

O peso específico das folhas, em g/ dm², é o inverso da área foliar específica e indica a espessura das folhas:

$$PEF = M_{\text{folha}} / AF$$

Razão de peso de folhas (RPF)

A razão do peso de folhas é a outra componente da RAF, e é calculada pela razão entre a matéria seca de folhas (MSF) e a matéria seca total (MStotal):

$$RPF = MSF / M_{\text{Stotal}}$$

Distribuição da matéria seca (DMS)

Considerando-se que a MStotal (folhas, frutos e ramos) como 100%, a distribuição de matéria seca foi determinada, em porcentagem, para se avaliar quanto cada uma das partes da planta representam desse total, menos o caule.

Este cálculo foi feito para cada sistema de plantio e em cada amostragem, durante a execução do experimento.

Eficiência na conversão de matéria seca em grãos

Foram determinadas as relações entre o peso da matéria seca dos grãos e o peso da matéria seca de alguma parte da planta, ou seja a eficiência na conversão de matéria seca em grãos:

$$\text{Razão de peso dos frutos} = \frac{\text{Peso da matéria seca dos frutos}}{\text{Peso da matéria seca total}}$$

$$\text{Distribuição da matéria seca (frutos)} = \frac{\text{Peso da matéria seca dos frutos}}{\text{Peso seco de folhas e ramos}}$$

$$\% \text{ de matéria seca no fruto = } \frac{\text{Peso da matéria seca dos frutos do decêndio}}{\text{Peso da matéria seca dos frutos}} \text{ por decêndio}$$

Foram realizadas as análises de variância para testar as significâncias dos seguintes parâmetros: altura da planta, diâmetro do coleto da planta, número de nós por planta, número de ramos por planta, número de folhas por planta, área foliar por planta, índice de área foliar, peso da matéria seca foliar, peso da matéria seca dos frutos, peso seco dos ramos, umidade das folhas e umidade dos frutos.

Dados meteorológicos.

Os dados meteorológicos foram obtidos em três fontes:

a) radiação solar global, R_g (EMA); temperatura do ar, T (EMA); umidade relativa do ar; fonte - Estação Meteorológica Automática (EMA), situada anexa ao cafezal e a 80 m do experimento;

b) radiação solar fotossinteticamente ativa incidente, $RFA(I_o)$; fonte: sensores de radiação solar fotossinteticamente ativa, RFA, colocado a 4,0 m do experimento e 0,2 m acima da planta; e

c) radiação solar fotossinteticamente ativa transmitida no interior dos talhões nos plantios convencional [$RFAL(I_t)$] e adensado [$RFAA(I_t)$]; temperatura do ar, no interior dos talhões nos plantios convencional (TL) e adensado (TA) e umidade relativa do ar no interior dos talhões nos plantios convencional (URL) e adensado (URA); fonte: sensores de RFA, termistor e capacitor.

Na EMA o sensor de temperatura também era termistor da Vaisala, com resolução de 0,1 °C, o sensor de radiação solar global era célula de silício da Li-Cor com resolução de 0,2 kW m⁻² mV⁻¹, sensor de umidade relativa do ar, tipo capacitor com sensibilidade de 3 %. Os dados foram armazenados a cada hora, em datalogger.

Para a recuperação de dados nos períodos sem medições, foram estabelecidas análises de regressão entre: a) TL e TA e a temperatura na EMA [$T(EMA)$];

b) $RFA(I_o)$ e a radiação solar global (R_g) da EMA [$R_g(EMA)$];

c) URL e URA e umidade relativa na EMA [UR(EMA)].

As equações são:

$$\begin{aligned} TL &= 1,0108 T \text{ (EMA)}, & \text{com } R^2 &= 0,9880; \\ TA &= 1,0369 T \text{ (EMA)}, & \text{com } R^2 &= 0,9780; \\ RFA (I_0) &= 0,3908 Rg(EMA), & \text{com } R^2 &= 0,9296; \\ URL &= 0,9587 UR(EMA), & \text{com } R^2 &= 0,9824; \\ URA &= 0,9097 UR(EMA), & \text{com } R^2 &= 0,9798 \end{aligned}$$

Com os dados da RFA acima do dossel (I_0), os dados da RFA do interior dos talhões (I_t) e os índices de área foliar (IAF) calcularam-se os coeficientes de extinção (K) para cada sistema de plantio, através da equação de MONSI & SAEKI, 1953, citados por JARAMILLO-ROBLEDO (1979):

$$K = - \ln (I_t / I_0) / IAF$$

Com o coeficiente de extinção determinado, a RFA (I_0) estimada a partir da Rg (EMA) e o IAF medido por decêndio em cada sistema de plantio, calculou-se a RFA interceptada (I_t) pelas folhas e frutos das plantas de café em cada sistema de plantio:

$$I_t = I_0 [1 - \exp (-K \cdot IAF)]$$

As TL e TA utilizadas para estabelecer as regressões lineares foram obtidas através de sensores: tipo termistor, da Vaisala, com resolução de 0,1°C. A RFA (I_0) foi do tipo células de silício, da Li-Cor, com resolução 0,2 kW m⁻² mV⁻¹ e as RFA (I_t) utilizadas nos cálculos dos coeficientes de extinção foram obtidas através de sensores de células de silício da Kipp-Zonen, com resolução 0,2 kW m⁻² mV⁻¹. As URL e URA utilizadas para estabelecer as regressões lineares foram obtidas através de sensores: tipo capacitor, da Vaisala, com resolução de 3 %.

A RFA (I_t) foi acumulada a cada dez dias para que se estabelecessem relações com os componentes vegetativos e frutos da planta do cafeeiro.

Calculou-se a temperatura média diária e, posteriormente, determinou-se a soma térmica (ST), tomando como temperatura base 10 °C, temperatura em que abaixo dela o crescimento de qualquer parte da planta é inibido (JARAMILLO-ROBLEDO & GUZMAN-MARTÍNEZ, 1984):

$$ST = \sum_i^n (T_i - T_b)$$

onde: ST é a soma térmica, em graus-dia; T_i é a temperatura média diária no tempo i ; em °C; T_b é a temperatura base, em °C, e n é o número de dias do período e $T_i - T_b =$ Unidade Térmica (UT).

O déficit de pressão de vapor representado pela diferença ($e_s - e_a$) foi determinado, calculando-se, anteriormente, os valores de e_s e e_a por meio das equações:

$$e_a = e_s \cdot UR/100$$

onde : e_a é a pressão atual de vapor, em kPa, e UR é a umidade relativa, em %.

$$e_s = 0,61078 \cdot 10^{[(7,5 T)/(237,3 + T)]}$$

onde: e_s é a pressão de saturação, em kPa, e T é a temperatura do ar, em °C.

Para avaliar a influência das variáveis climáticas na fenologia do *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, relacionou-se: altura de planta, diâmetro do coleto, número de nós, número de ramos, número de folhas, área foliar, peso seco de folhas, peso seco de frutos, peso seco de ramos, umidade de folhas e umidade de frutos, com as variáveis: radiação solar fotossinteticamente ativa acumulada, soma térmica, déficit de pressão de vapor, em dois sistemas de plantio: convencional e adensado

Delineamento estatístico

O experimento foi instalado em parcelas subdivididas de acordo com o delineamento em blocos casualizados com 10 repetições, de tal forma que, cada parâmetro de crescimento constituiu-se uma variável, onde os espaçamentos (sistemas

de plantio) são as parcelas e as épocas das medições são as subparcelas, conforme croqui experimental e esquema das parcelas que se encontram nas Figuras 1 e 2.

B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10
APA									
DCA									
NNA									
NRA									
AFA									
PSFA									
IAFA									
PSFrA									
PSRA									
NFA									
UFA									
UFrA									
APL									
DCL									
NNL									
NRL									
AFL									
PSFL									
IAFL									
PSFrL									
PSRL									
NFL									
UFL									
UFrL									

Figura 1 - Croqui do experimento mostrando os parcelas, que são os sistemas de plantio convencional(L) e adensado(A) e as subparcelas são as épocas (E) nas quais os dados foram coletados. Este esquema foi montado para os seguintes parâmetro fenológicos: altura de plantas(AP), diâmetro da base do tronco (DC), número de nós (NN), número de ramos plagiotrópicos primários (NR), área foliar(AF), peso da matéria seca foliar(PSF), índice de área foliar (IAF), peso matéria seca dos frutos(PSFr), peso da matéria seca dos ramos(PSR), número de folhas (NF), umidade das folhas (UF), umidade dos frutos (UFr).

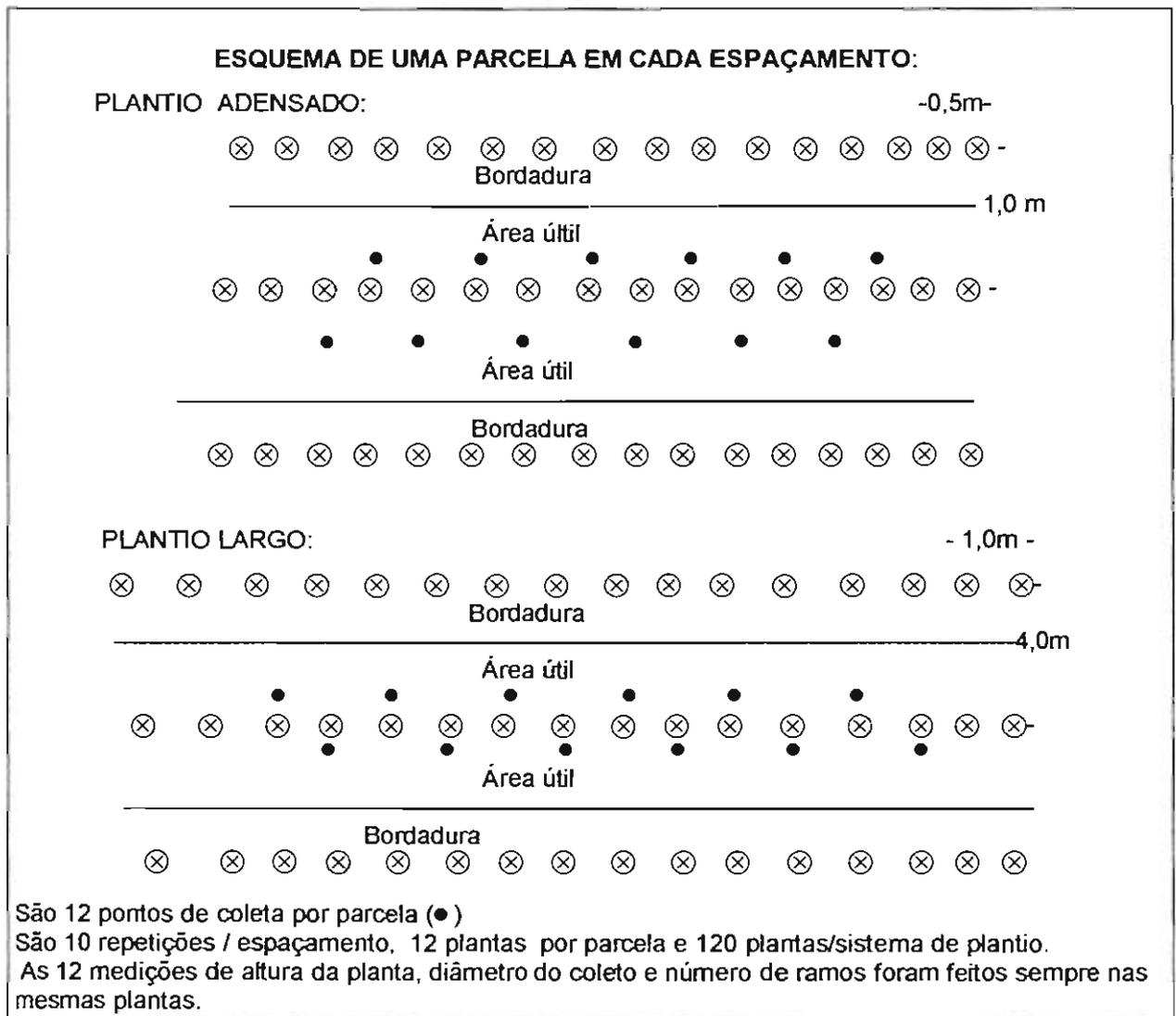


Figura 2 - Esquema de uma parcela de cada sistema de plantio: convencional e adensado

As análises estatísticas do crescimento e desenvolvimento das plantas do cafeeiro Acaíá, 474/19, foram efetuadas em duas fases: a) considerando 12 épocas, de 12 de julho de 2002 a 08 de julho de 2003, para os seguintes parâmetros fenológicos: altura da planta, diâmetro do coleto e número de ramos; b) considerando 12 épocas, de 1º de outubro de 2002 a 08 de de julho de 2003, para área foliar, número de folhas, peso seco foliar, índice de área foliar, umidade foliar, peso seco de frutos, umidade de frutos, peso seco de ramos e número de nós por ramo.

Crescimento e desenvolvimento das plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 e variáveis meteorológicas.

Cada parâmetro do crescimento vegetativo da planta foi confrontado com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica (graus-dia) e com o déficit de pressão de vapor. Os parâmetros: altura das plantas, diâmetro da base do caule (colete) da planta, número de ramos foram confrontados com as variáveis meteorológicas em 12 meses, de julho de 2002 à junho de 2003, e os demais parâmetros em 27 épocas, de 1º de outubro (início do florescimento) à 08 de julho de 2003 (época em que foi feita a colheita e início da queda natural dos frutos).

Resultados e Discussão

Altura da haste ortotrópica primária.

Analisando-se a Tabela 1A, observa-se que na altura das plantas, o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (julho/2002 a junho/2003). A interação entre os sistemas de plantio e as épocas de medições não foi significativa, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio agiu independentemente das épocas em que foram feitas as medições.

As alturas médias dos cafeeiros (Tabela 2A) diferiram significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade, entre os dois sistemas de plantio em todos decêndios. Dentro do plantio adensado as duas primeiras médias não diferiram entre si, apresentando-se menores, e as três últimas, apresentando-se maiores. No plantio convencional, em todos os decêndios, as médias diferiram entre si, com exceção das duas últimas, que foram as maiores. No período deste estudo, houve maior crescimento com o aumento do espaçamento, diferindo dos resultados encontrados por NACIF (1997). Essa afirmação é suportada pelos coeficientes 5,64 no plantio convencional e 5,14 no plantio adensado, obtidos através das equações de regressão

linear entre a altura das plantas no plantio convencional (APL), a altura das plantas no plantio adensado (APA) e as épocas de medições (E), em que :

$$APL = 185,02 + 5,6363 E, \text{ sendo o } R^2 = 0,9762 \quad \text{e}$$

$$APA = 241,36 + 5,1414 E, \text{ sendo o } R^2 = 0,9796.$$

O crescimento médio da planta no plantio convencional foi de 5,67 cm/mês e no plantio adensado de 4,96 cm/mês, apenas no período estudado de 12 meses. O crescimento máximo foi de 8,25 cm/mês em outubro no plantio convencional e de 7,97cm/mês no plantio adensado. O plantio adensado apresentou crescimento menor, sendo mínimo de 1,98 cm/mês em abril, e o convencional de 2,57 cm/mês, também no mesmo mês. Segundo MAESTRI & BARROS (1977); CLOWES & ALLISON (1982) e RENA et al. (1998), o aumento da radiação solar tende a produzir plantas mais baixas, coincidindo com os resultados obtidos neste trabalho.

Pela Tabela 2A vê-se que, em todas as épocas, a altura das plantas nos plantios convencional e adensado apresentou diferenças significativas, pelo teste de Tukey. Dentro de cada sistema de plantio nos primeiros meses, julho e agosto, as diferenças entre as médias não foram significativas. A partir de setembro já se notavam diferenças significativas.

Altura das plantas e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A altura das plantas teve um comportamento linear, tanto no plantio convencional como no plantio adensado, devido às influências da radiação fotossinteticamente ativa, da soma térmica, em graus-dia e do déficit de pressão de vapor (Figura 3).

Na Tabela 5 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou a altura das plantas(AP) com as variáveis meteorológicas, encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A), para as variáveis meteorológicas radiação fotossinteticamente ativa interceptada, RFA(I_i), soma térmica (graus-dia) (ST) e déficit de pressão de vapor (DS).

A análise comparativa das taxas de crescimento na altura das plantas entre os diferentes períodos do ano (Tabela 2A) indicou que na primavera foram maiores que

nas outras estações, em ambos os sistemas de plantio. Apenas no verão o plantio adensado apresentou uma maior taxa que o plantio convencional. NACIF (1997) não encontrou diferenças significativas nas taxas de crescimento das plantas nas estações primavera/verão, mas encontrou no período outono/inverno. As diferenças entre nas taxas de crescimento entre as estações é devido períodos de ativo crescimento e de repouso do cafeeiro (MAESTRI & BARROS, 1977; RENA & MAESTRI, 1986), que são basicamente controlados pelas variações de temperatura. O cafeeiro tem o seu crescimento vegetativo da parte aérea reduzido, praticamente paralisado, em temperaturas inferiores a 14 °C.

Antes do florescimento e do início da estação chuvosa, o cafeeiro apresenta o menor índice de área foliar e a maior parte da radiação incidente não é aproveitada diretamente pela folha. Com a estação chuvosa e com o desenvolvimento da planta, ocorre o sombreamento, quando as folhas começam a competir entre si, apresentando reduções nas taxas de crescimento da planta (JARAMILLO-ROBLEDO, 1979).

FARIA et al. (2001), simulando o crescimento vertical dos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí, chegaram à conclusão de que existe um padrão de crescimento sazonal típico do Hemisfério Sul, com aceleração da taxa de formação de nós e crescimento em altura, durante a primavera, mantendo essa taxa elevada no verão, seguida de decréscimo no outono e paralisação no inverno. A baixa taxa de crescimento durante o inverno é atribuída à deficiência hídrica e ao fator radiação solar, representando um efeito de baixa atividade fotossintética.

Diâmetro da base do caule (colete)

Analisando a Tabela 1A, observou-se que para o diâmetro da base do caule, o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (julho/2002 a junho/2003). A interação entre os sistemas de plantio e as épocas de medições foi significativa, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas em que foram feitas as medições, indicando que

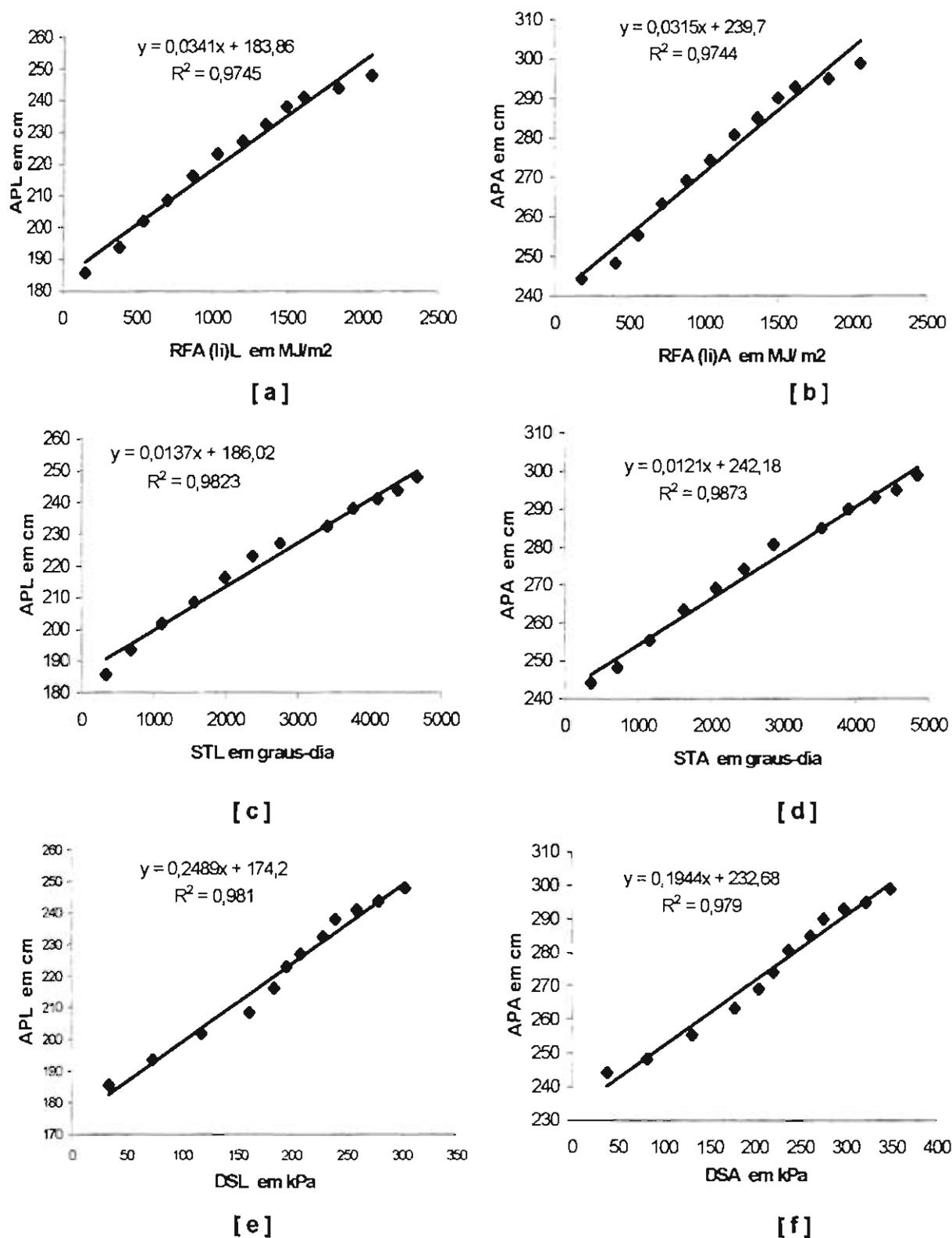


Figura 3 (a-b-c-d-e-f) - Altura da haste ortotrópica primária de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, em relação: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica(ST), em graus-dia e (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, no interior dos plantios convencional(L) e adensado(A)

Tabela 5 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a altura do cafeeiro *Coffea arabica* L cv. Acaia, 474/19, nos plantios convencional (APL) e adensado (APA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional [RFA(liL)], e adensado [RFA(liA)], soma térmica nos plantios convencional (STL), e adensado (STA), déficit de pressão de vapor nos plantios convencional (DSL), e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(li L)	Largo	Regressão Resíduo	1 10	4588,141 6,552	700,22**	APL = 183,86 + 0,0341**(liA)	0,9745
RFA(li A)	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	3813,481 4,517	844,31**	APA = 239,70 + 0,0315**(liA)	0,9744
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	4571,401 8,226	555,70**	APL = 186,02 + 0,0137**(STL)	0,9823
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	3809,572 4,908	776,26**	APA = 242,18 + 0,0127**(STA)	0,9873
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	4565,210 8,845	516,11**	APL = 174,20 + 0,24 89**(DSL)	0,9810
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	3777,664 8,098	466,47**	APA = 232,68 + 0,1944**(DSA)	0,9790

** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

existem diferenças entre os sistemas de plantio em todas as épocas de medições (durante os 12 meses) (Tabela 3A).

Na comparação das médias em todos os 12 meses o diâmetro da base do caule foi significativamente maior, pelo teste de TuKey, no plantio convencional que no plantio adensado (Tabela 2A). No plantio convencional o diâmetro da base do caule cresceu em média 0,13 cm/mês e no plantio adensado 0,08 cm/mês (Tabela 2A). Confirmando o que NACIF (1997) e NJOROGE et al.(1992) afirmaram, o adensamento possui uma correlação negativa com o diâmetro do caule, efeito notado já aos 31,3 meses de idade, isto para o adensamento na fileira, e a partir dos 43,5 meses de idade no adensamento nas ruas, indicando que esse parâmetro somente começa a interferir após maior desenvolvimento das plantas. NACIF(1997) encontrou, em média, 1,24 mm/mês em plantas de cafeeiro até 31,3 meses de idade. De setembro /1987 a setembro/1997 ele notou um acréscimo de 0,54 mm/mês e no ano seguinte 0,63 mm/mês. O autor explica que esta grande diferença se deve à falta de frutificação, pois nessa época toda a produção de fotoassimilados estava voltada para o crescimento vegetativo.

Em Uberaba com a produção de 41 sc. bem./ha no plantio convencional e de 112 sc.ben./ha no plantio adensado, pode ter ocorrido, também, esgotamento das reservas nutritivas e que, associada à desfolha, pode ter afetado não só o crescimento do diâmetro do caule, mas também outros componentes do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas.

A taxa de crescimento da base do caule nos primeiros meses, julho e agosto, e no último, junho, foi maior (0,143 cm no plantio adensado e 0,223 cm no plantio convencional), que durante os outros meses, primavera-verão (0,060 cm no plantio adensado e 0,093 cm no plantio largo), confirmando o efeito da fase produtiva sobre o desenvolvimento do diâmetro do caule das plantas. Houve uma recuperação da taxa de crescimento do diâmetro do caule, devido ao restabelecimento nutricional e, também, pelas condições climáticas favoráveis ao crescimento, principalmente com temperaturas mais amenas.

Segundo CASSIDY & KUMAR (1984) e NACIF(1997) o adensamento influencia o tamanho e a estrutura geral do sistema radicular e, com isto, o crescimento do

diâmetro do caule fica muito influenciado pelo desenvolvimento das raízes. O bom desenvolvimento da base do caule é uma boa característica morfológica externa do cafeeiro.

Pelos valores dos coeficientes lineares das equações de regressão do diâmetro da base do caule (DC) em função das épocas de medições (E) (julho a junho), os efeitos foram mais acentuados à medida que as plantas se envelheceram e o espaçamento entre plantas aumentou, em que:

$$DCL = 6,3016 + 0,1130 E \text{ com } R^2 = 0,9740 \quad e$$

$$DCA = 5,1861 + 0,0722 E \text{ com } R^2 = 0,9796.$$

Diâmetro da base do caule (colete) e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O diâmetro do colete das plantas teve um comportamento linear, tanto no plantio convencional como no plantio adensado, devido às influências da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, da soma térmica em graus-dia, e do déficit de pressão de vapor. Pelos coeficientes das regressões, notou-se uma maior influência do déficit de saturação e da radiação fotossinteticamente ativa que da temperatura no aumento da variação do diâmetro dos coletos entre o plantio convencional e o plantio adensado (Figura 4).

Na Tabela 6 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou diâmetro da base do caule (DC) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(I)], com a soma térmica (ST) (graus-dia) e, com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

A variação no diâmetro do caule esteve positivamente correlacionada com a variação da altura das plantas. Assim, à medida que diminuiu a densidade de plantio ocorreram maiores taxas de crescimento em altura e em diâmetro da base do caule, para as condições de Uberaba. Mesmo o plantio convencional apresentando uma maior variação, tanto na altura das plantas como no diâmetro da base do caule, o plantio adensado continuou com plantas mais altas, conforme Tabela 2A. NACIF (1997), em Patrocínio, encontrou relação inversa, à medida que aumentou o adensamento,

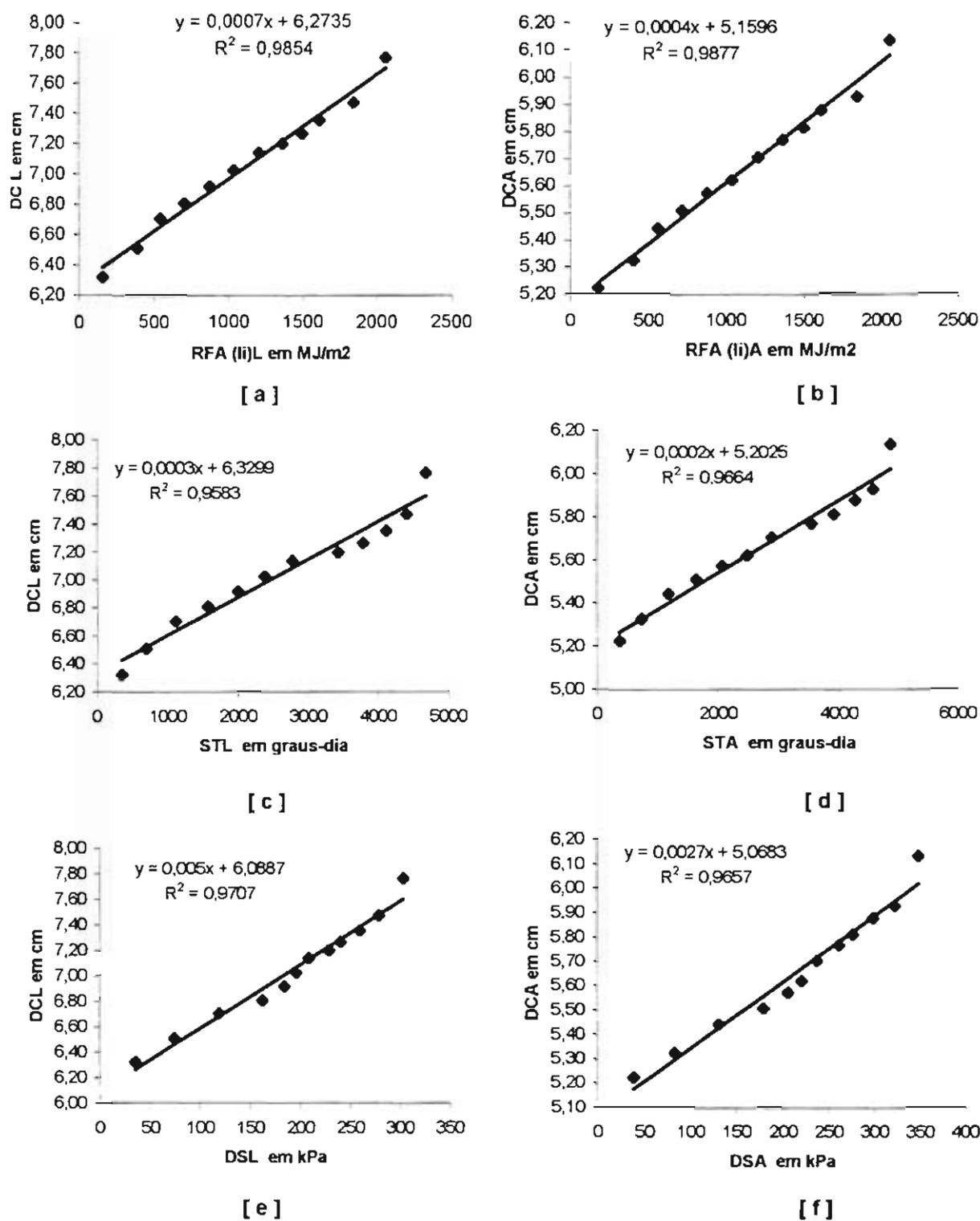


Figura 4 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre o diâmetro da base do caule da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma Térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa no interior dos plantios convencional(L) e adensado(A).

Tabela 6 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o diâmetro do coleto do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional(DCL) e adensado(DCA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado[RFA(liA)], soma térmica nos plantios convencional (STL) e adensado (STA) e déficit de pressão de vapor nos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste de F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 10	1,8295 0,0045	409,027**	DCL = 6,2735 + 0,0007**(liL)	0,9854
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	0,7445 0,0016	462,13**	DCA = 5,1596 + 0,0004**(liA)	0,9877
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	1,7960 0,0078	229,60**	DCL = 6,3299 + 0,0003**(STL)	0,9583
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	0,7351 0,0026	287,66**	DCA = 5,2003 + 0,0002**(STA)	0,9664
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	1,8193 0,0055	331,25**	DCL = 6,0888 + 0,0050**(DSL)	0,9707
D.S.A.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	0,7345 0,0026	281,16**	DCA = 5,0683 + 0,0027**(DSA)	0,9657

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

ocorreram maiores taxas de crescimento em altura e menores em diâmetro da base do caule. A natureza dessa competição é atribuída, basicamente, à partição de carboidratos. Não foi encontrado na literatura qualquer influência meteorológica, que explicasse o maior crescimento do diâmetro da base do caule em plantios com baixas densidades.

Número de ramos plagiotrópicos primários

Na Tabela 1A, observa-se que para o número de ramos plagiotrópicos primários, o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (julho/2002 a junho/2003). A interação entre os sistemas de plantio e as épocas de medições foi significativa, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas em que foram feitas as medições, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio em todas as épocas de medições (durante os 12 meses) (Tabela 3A).

NACIF(1997) afirmou que o número de ramos plagiotrópicos primários independem do espaçamento entre ruas, mas entre plantas na fileira somente influenciou o número de ramos de forma linear e negativamente, aos 31,3 meses de idade. Como este comportamento não persistiu com o desenvolvimento dos cafeeiros, ele considerou que esse parâmetro não foi influenciado pelo adensamento dos plantios. O mesmo aconteceu com NJOROGE et al. (1992). Os autores consideram que a altura da planta é basicamente determinada pelo alongamento dos internódios. Mas, quando o mesmo autor testou o espaçamento entre plantas nas fileiras encontrou, em média, taxas de crescimento de 1,89 ramos/mês aos 31,3 meses de idade, de 1,34 ramos/mês dos 31,3 aos 43,5 meses e de 1,15 ramos/mês de 43,5 aos 55,7 meses de idade. Esses dados indicam a tendência decrescente com a idade no aumento do número de ramos.

A relação entre o número de ramos e épocas de medições foi linear conforme as equações: $NRL = 68,4820 + 2,1022 E$, com $R^2 = 0,97245$ e $NRA = 46,9840 + 1,0097$, com $R^2 = 0,9822$, apresentando uma variação entre os plantios convencional e

adensado (Figura 5) e em média de 2,1 ramos/mês no plantio convencional e 1,0 ramos/mês no plantio adensado (Tabela 2A). No caso a cultivar utilizada foi a Acaiá, 474/19, e os cafeeiros tinham a idade de 40 à 52 meses (início e final do experimento, respectivamente). As maiores taxas de crescimento ocorreram de julho a novembro, no plantio convencional, e de agosto a dezembro no plantio adensado (Tabela 2A), caracterizando épocas de atividade metabólica e épocas de repouso.

Número de ramos por planta e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O número de ramos por planta teve um comportamento linear, tanto no plantio convencional como no plantio adensado, em relação à radiação fotossinteticamente ativa interceptada, à soma térmica e ao déficit de pressão de vapor. Pelos coeficientes das regressões, notou-se uma maior influência do déficit de pressão de vapor e da radiação fotossinteticamente ativa interceptada, que da temperatura, no aumento do número de ramos entre o plantio convencional e o plantio adensado (Figura 5).

Na Tabela 7 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou número de ramos por planta (NR) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST) e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

O número de ramos plagiotrópicos diminuíram linearmente com o aumento da densidade de plantio, concordando com o experimento de Patrocínio, conforme relata RENA et al. (1998).

Os componentes do cafeeiro mais influenciados pelo clima são: altura da planta, crescimento dos ramos e o número de flores. Os elementos do clima que mais se correlacionam com os incrementos na altura e no comprimento dos ramos são: brilho solar, evaporação, temperatura média e duração da temperatura máxima (JARAMILLO-ROBLEDO & VALENCIA-ARISTIZÁBAL, 1980).

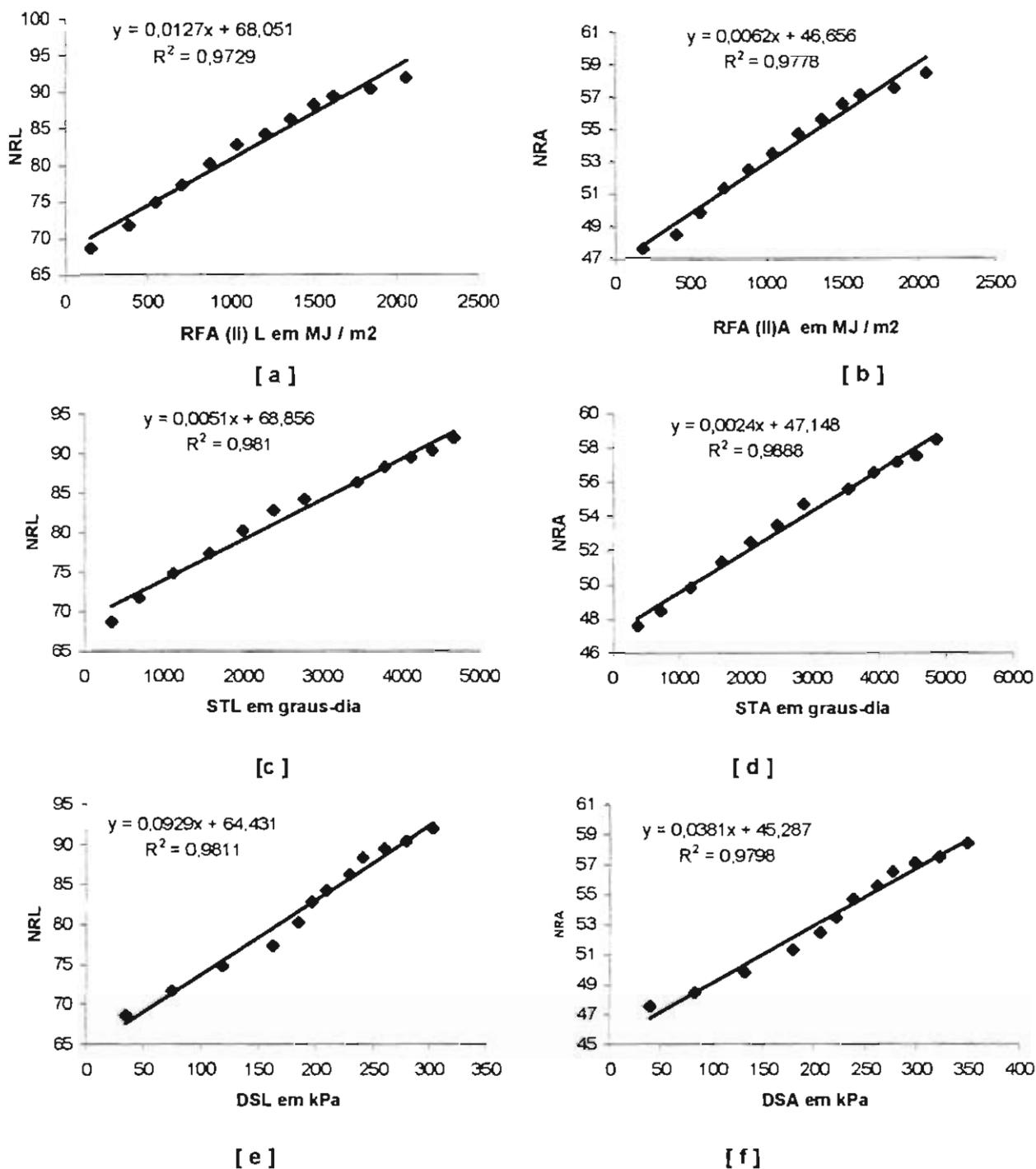


Figura 5 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a o número de ramos / planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, em plantios convencional (L) e adensado(A).

Tabela 7 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de ramos por planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional(NRL) e adensado (NRA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado[RFA(liA)], soma térmica nos plantios convencional (STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor nos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste de F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 10	638,5300 0,9978	639,93**	NRL = 68,051 + 0,00127**(liL)	0,9729
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	146,9848 0,1446	1016,83**	NRA = 46,656 + 0,0062**(liA)	0,9778
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 10	636,2149 1,2293	517,53**	NRL = 68,8556 + 0,00511**(STL)	0,9810
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	146,7656 0,1665	881,63**	NRA = 47,1484 + 0,00237**(STA)	0,9888
D.S.L	Largo	Regressão Resíduo	1 10	636,2776	520,24**	NRL = 64,4309 + 0,09292**(DSL)	0,9811
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 10	145,4309 0,2999	484,86**	NRA = 45,2865 + 0,03815**(DSA)	0,9798

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

Número de nós do ramo plagiotrópico primário

Na Tabela 4A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 3A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas para os sistemas de plantio.

Analisando a Tabela 5A e Figura 6, verifica-se que o número de nós que surgiram no ramo de outubro a julho, seguiu uma tendência cúbica dentro dos decêndios analisados, podendo ser expressa pelas equações:

$$NNL = 20,317 + 1,556 E - 0,0867E^2 + 0,002E^3, \text{ com } R^2 = 0,9882 \text{ e}$$

$$NNA = 13,880 + 1,598E - 0,093E^2 + 0,002 E^3, \text{ com } R^2 = 0,9950.$$

Situação diferente da encontrada por NACIF (1997), que encontrou respostas quadráticas, quando avaliou vários espaçamentos e por 37,7 meses. No período estudado, de outubro a julho, o número médio de nós por decêndio foi de 0,52 no plantio convencional e de 0,51 no plantio adensado. NACIF(1997) encontrou, também, um crescimento de 14,30 nós em 12 meses, o que representa 0,40 nós por decêndio, no ano seguinte esta taxa variou para 1,08 nós por mês e no outro ano seguinte, ocorreu outra variação, encontrando 1,56 nós por mês. O autor atribuiu esta variação à carga anterior de frutos.

Número de nós e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O número de nós/ramo teve tendência linear quando se relacionou com a radiação fotosinteticamente ativa interceptada e com o déficit de pressão de vapor, tanto no plantio convencional como no adensado. Mas quando se relacionou com a soma térmica o resultado foi de uma tendência cúbica, em ambos os sistemas de plantio Figura 6.

Na Tabela 8 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou o número de nós (NN) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST) e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

A taxa de crescimento de um dossel de cafeeiro é função da velocidade de emissão de nós e do alongamento dos internódios e depende das condições ambientais, definidas pela temperatura, radiação solar, disponibilidade hídrica e nutricional. As variações dessas condições determinam o crescimento sazonal do cafeeiro, ocorrendo rápido crescimento durante a estação quente e chuvosa, e lento na estação fria e seca (RENA & MAESTRI, 1985).

O crescimento do número de nós foi rápido durante a primavera, lento durante o verão, novamente rápido durante o outono e durante o inverno não foi medido. NACIF (1997) encontrou crescimento lento no início da primavera, rápido no verão e decrescente no outono e nulo no inverno. O comportamento diferenciado entre as duas informações pode ser atribuído à carga de frutos de safras anteriores (CANNELL, 1976; NACIF, 1997).

A temperatura no interior do cafezal, também, pode ser responsável pelo crescimento lento durante a estação do verão, tanto no plantio convencional como no plantio adensado. Nesse período a soma térmica foi bem maior que durante a primavera e o outono, como pode ser observado na Figura 6 (c-d).

Número de folhas de ramo plagiotrópico primário

Na Tabela 4A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu

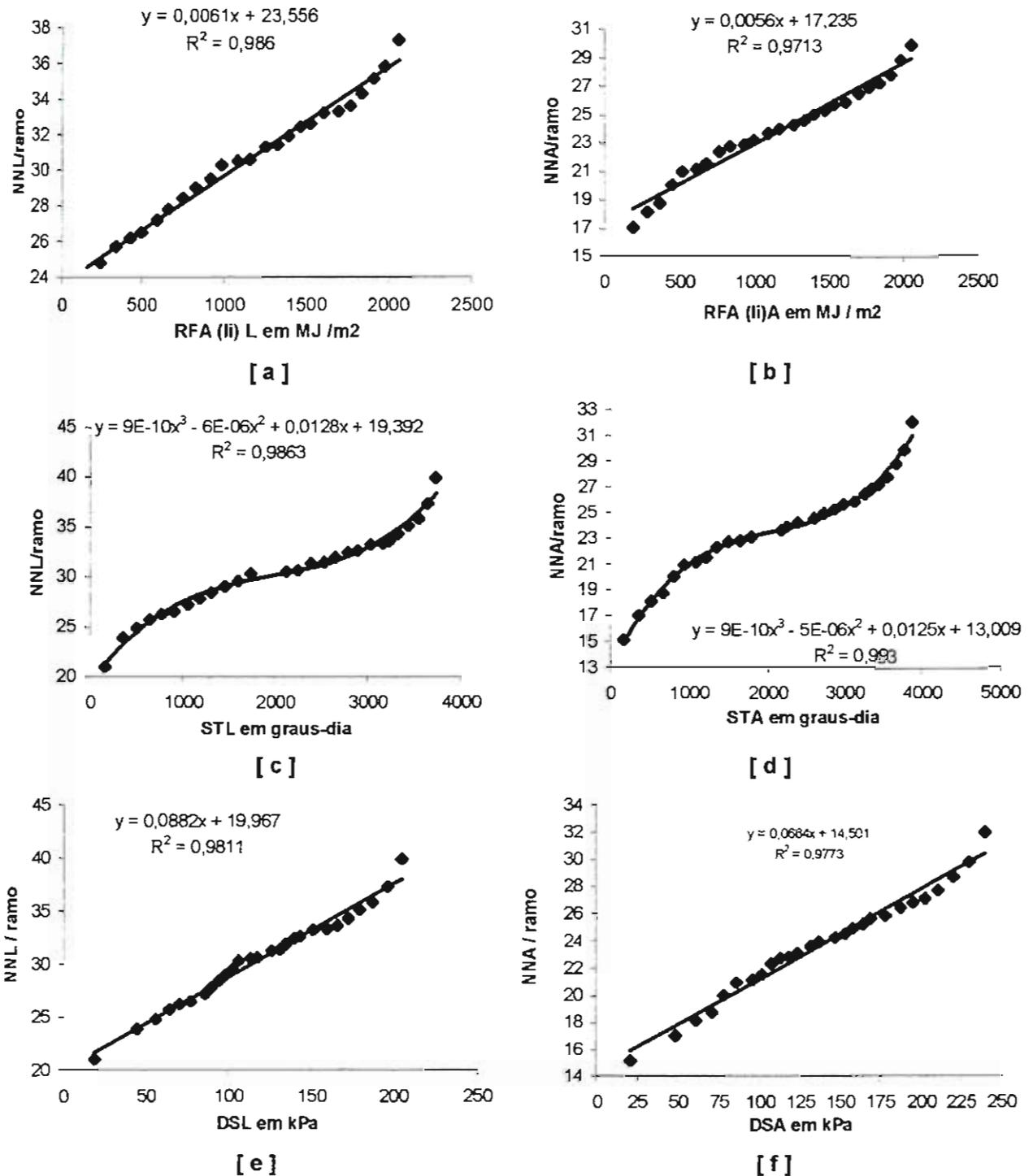


Figura 6 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a o número de nós por ramo da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ m^{-2} , (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, no interior dos plantios convencional (L) e adensado (A).

Tabela 8 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de nós por ramo (NN) de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional(NNL) e adensado(NNA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e [RFA(liA)], soma térmica nos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor nos plantios convencional(DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

Variável Climática	Sistema Plantio	Fonte de Variação	G.L.	Q. M	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA.(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 25	301,2785 0,1866	1614,81**	NNL = 23,556 + 0,0061**(liL)	0,9860
RFA.(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	250,4408 0,3213	779,58**	NNA = 17,235 + 0,0056**(liA)	0,9713
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	3 23	59,1885 0,2876	553,52**	NNL = 19,3919 + 0,0128**(STL)-6x10 ^{-6**} (STL) ² + 9 x 10 ^{-10**} (STL) ³	0,9963
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	3 23	123,6274 0,1214	1092,55**	NNL = 13,0085 + 0,0125**(STA)-5x10 ^{-6**} (STA) ² + 9 x 10 ^{-10**} (STA) ³	0,9930
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	475,0372 0,3657	1298,94**	NNL = 19,9665 + 0,0882**(DSL)	0,9811
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	391,5740 0,3640	1075,74**	NNA = 14,5009 + 0,0664**(DSA)	0,9773

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

independentemente das épocas analisadas. A partir de dezembro as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 6A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas para os sistemas de plantio.

Através da Tabela 5A, verifica-se que no início e durante todo o experimento, o plantio convencional apresentou maior número de folhas. E o incremento no número de folhas, também, foi sempre maior nesse sistema de plantio. Nas primeiras medições, as diferenças entre os dois sistemas de plantio não foram significativas. De dezembro até o início de abril, elas aumentaram, atingindo uma relação plantio convencional/plantio adensado de 1,36/1. Com a estação seca e fria, e devido a maior competição entre as plantas no sistema adensado, a relação entre os dois sistemas chegou a 3,09/1 no mês de julho.

Encontrou-se uma taxa média de emissão de folhas de 3,82 folhas por mês no plantio adensado, e de 4,13 folhas por mês, no plantio convencional, contrariando a afirmação de NACIF (1997), de que até o momento não se constatou qualquer influência dos espaçamentos entre fileiras e entre plantas na fileira sobre a emissão de folhas nos ramos plagiotrópicos primários. Encontrou-se, também, neste trabalho, com a cultivar Acaiá, 474/19, uma desfolha diferenciada entre os dois sistemas de plantio, de 78,2 % no plantio adensado e de 53,3% no plantio convencional, ocorridas em junho, no final do experimento (Tabela 5A). NACIF (1997) encontrou 79 % de desfolha, no período em que se iniciou a fase de emissão de folhas (mês de setembro).

Para RENA e MAESTRI (1986), a produção de folhas é um processo contínuo durante o ano, mas a sua taxa varia com as condições climáticas. Os autores citam que em Viçosa, o número de folhas formadas nos ramos primários não variou sensivelmente na estação chuvosa (outubro a março), mas caiu acentuadamente na estação fria e seca.

Número de folhas e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O número de folhas, tanto no sistema convencional como adensado, teve um crescimento exponencial em relação à radiação fotossinteticamente ativa interceptada e à soma

térmica, mas apresentou uma relação quadrática em relação ao déficit de pressão de vapor (Figura 7).

Na Tabela 9 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou o número de folhas (NF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFA), com a soma térmica (graus-dia) (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

O número de folhas em uma planta é um atributo que difere com o genótipo, com a temperatura e com o fotoperíodo. Antes do florescimento e do início da estação chuvosa, o cafeeiro apresenta o menor índice de área foliar e a maior parte da radiação incidente não é aproveitada diretamente pela folha. Com a estação chuvosa e com o desenvolvimento da planta, ocorre o sombreamento, quando as folhas começam a competir entre si (JARAMILLO-ROBLEDO, 1979).

Umidade foliar

Na Tabela 4A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistema de plantio e época, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 6A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas dentro dos sistemas de plantio.

A umidade foliar apresentou-se com uma tendência cúbica ao longo do período estudado, conforme as equações: $UFL = 54,6700 + 2,3451 E + 0,1781 E^2 + 0,0049 E^3$ com $R^2 = 0,9851$ e $UFA = 56,683 + 2,1361 E - 0,1336 E^2 + 0,0036 E^3$ com $R^2 = 0,9921$.

As médias entre os dois sistemas de plantio foram significativamente diferentes

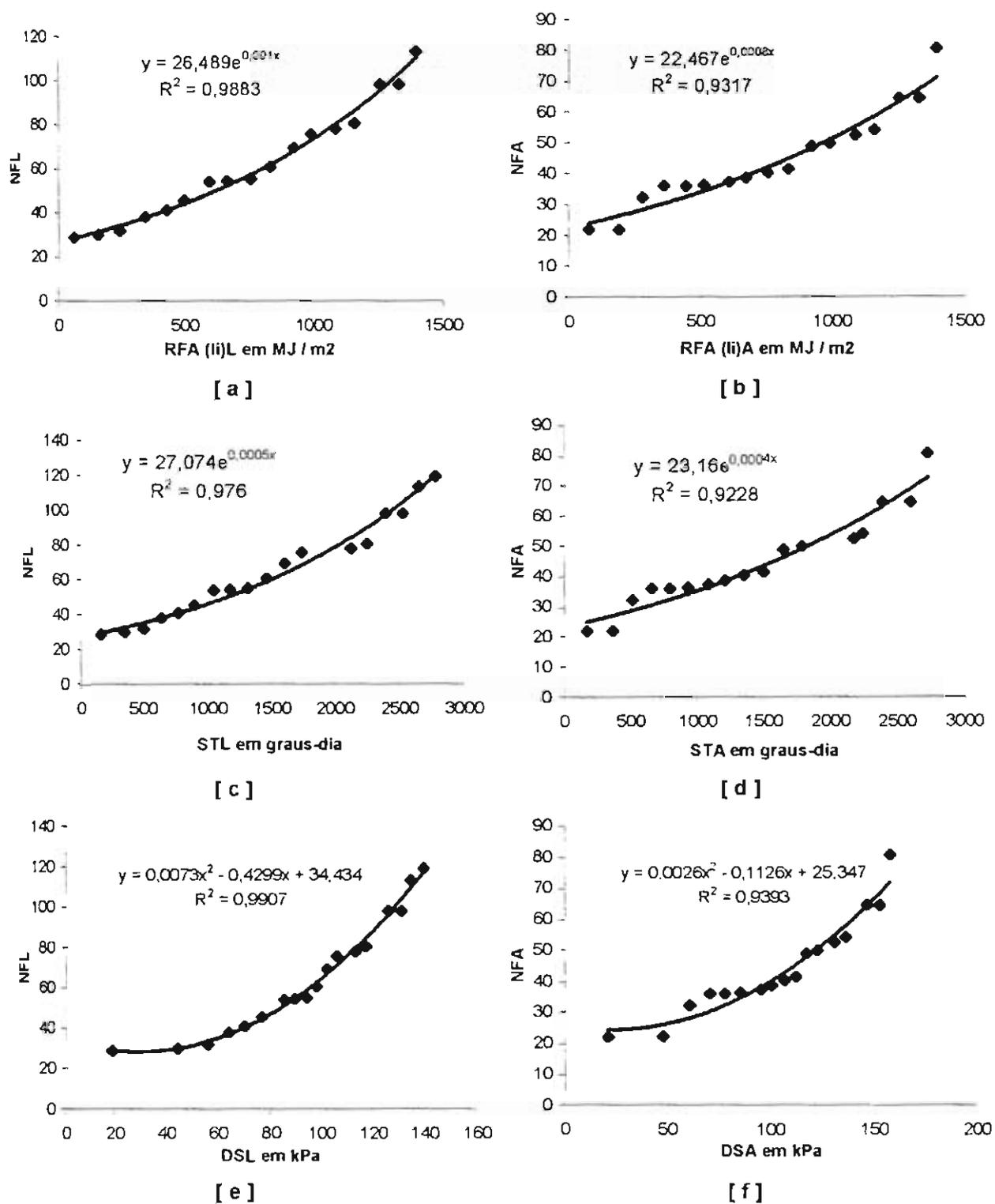


Figura 7 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre o número de folhas(NF) por ramo.de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa [RFA (li)], em MJ m⁻², (c-d) a soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) o déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional(L) e adensado(A).

Tabela 9 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o número de folhas por ramo (NF) de *Coffea arabica* L.cv. Acalá, 474/19 nos plantios convencional(NFL) e adensado (NFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado [RFA(liA)], soma térmica interna nos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior do plantio convencional(DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 16	0,6486 0,0004	1461,60**	NFL = 26,489 e ^{0,001 **} (liL)	0,9883
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 16	0,3464 0,0017	206,39**	NFA = 22,467 e ^{0,0008**} (liA)	0,9317
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 16	0,6400 0,9823	649,48**	NFL = 27,0738 e ^{0,0005**} (STL)	0,9760
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 16	0,3430 0,0019	79,23**	NFA = 22,1601 e ^{0,0004**} (STA)	0,9228
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 15	6761,3990 8,4764	797,67**	NFL = 34,4342 - 0,4298**(DSL) + 0,0073** (DSL) ²	0,9907
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 15	1780,8930 16,4416	108,32**	NFA = 34,4342 - 0,4298 ^{NS} (DSL) + 0,0073** (DSL) ²	0,9393

Obs.: **Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T. ^{NS} não significativo pelo teste T

pelo teste de Tukey (Figura 5A). No princípio as folhas apresentaram aumento maior na umidade, devido ao início da expansão foliar de várias folhas jovens, que começam a aparecer no início da floração. Nota-se que as folhas no plantio adensado apresentaram, em todo o período do experimento, maior umidade que as folhas no plantio convencional, podendo ser atribuído ao microclima úmido formado no interior do plantio adensado.

A umidade foliar neste período, de outubro a julho, teve quatro fases importantes: a) as folhas com ganho rápido de umidade, passando de 55,7 a 61,9% no plantio convencional e de 58 a 64 % no plantio adensado em apenas 40 dias; b) um ganho crescente, mas menos acelerado, de umidade passando de 61,9 a 67,6 % no plantio convencional e de 64 a 72,5 % no plantio adensado, em 150 dias; c) aumento rápido de umidade novamente de e de 67,6 a 70,6% no plantio convencional e de 72,5 a 75,9 %, no plantio adensado em apenas 30 dias e d) queda acelerada de umidade, passando de 70,6 a 57,1%, no plantio convencional, e de 75,9 a 59,3 %, no plantio adensado em apenas 60 dias (fase com um período seco e frio).

Umidade foliar e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A umidade foliar, tanto no sistema convencional como no adensado, teve um comportamento cúbico devido as influências da radiação fotossinteticamente ativa e da soma térmica em graus-dia, mas apresentou uma reação linear em relação ao déficit de pressão de vapor (Figura 8).

Na Tabela 10 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou a umidade foliar (UF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST) e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando modelos que apresentaram os maiores valores F , significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a soma térmica proporcionaram folhas com ganho rápido de umidade na primavera, devido à emissão de folhas e à expansão foliar, lento no verão, devido à redução da expansão foliar e emissão de folhas e novamente rápido, no outono, devido à desfolha.

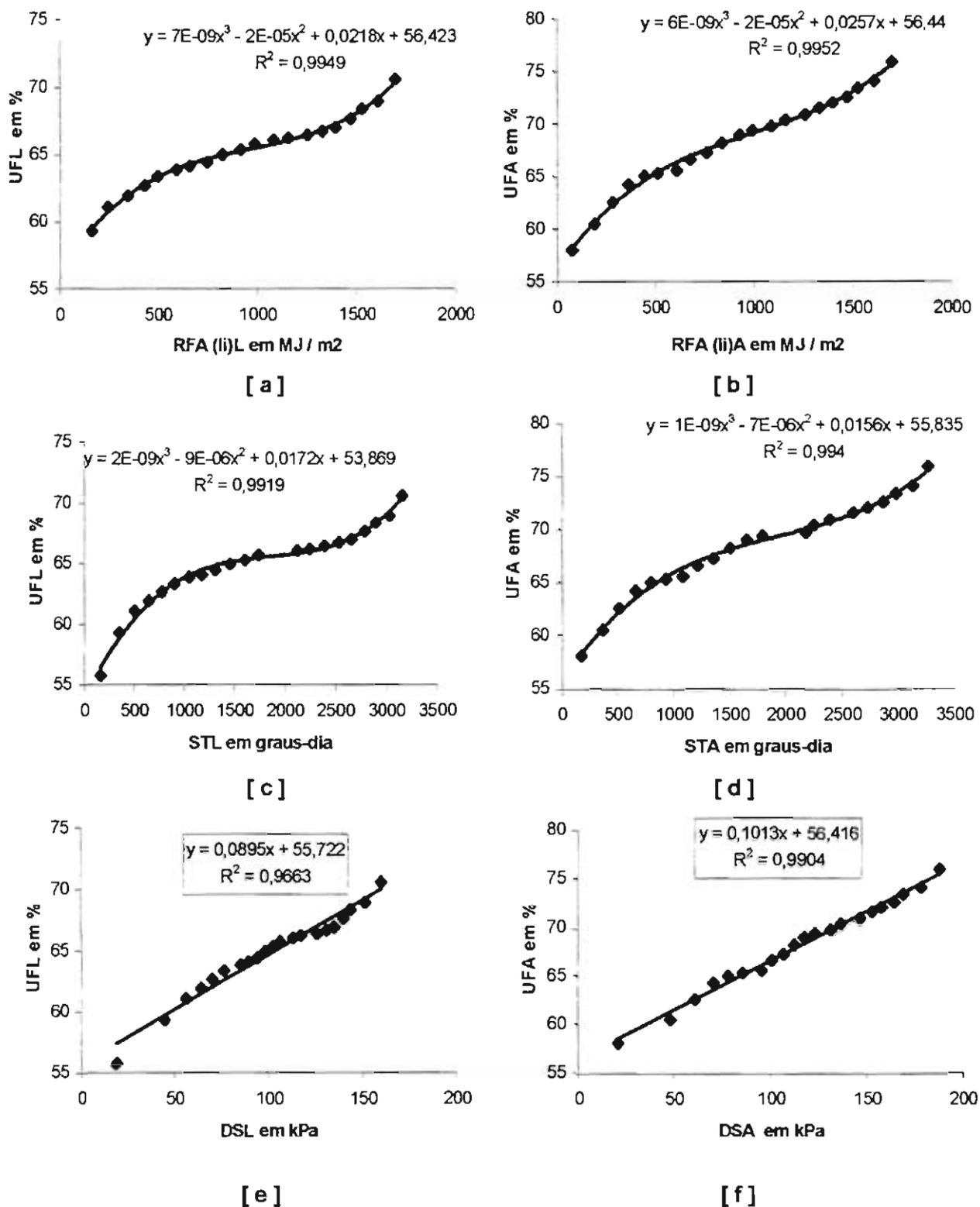


Figura 8 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a umidade foliar de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa [RFA(li)], em $MJ\ m^{-2}$, (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional (L) e adensado(A).

Tabela 10 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a umidade foliar (UF) de *Coffea arabica* L. cv. Acaia nos plantios convencional(UFL) e adensado (UFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantio convencional[RFA(IiL)] e adensado [RFA(IiA)],soma térmica no interior do plantio convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior do plantio convencional(DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

Variável Climática	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste de F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(IiL)	Largo	Regressão Resíduo	3 17	75,8335 0,0903	840,11**	$UFL = 56,423 + 0,0218^{**}(IiL) - 2 \times 10^{-5^{**}}(IiL)^2 + 7 \times 10^{-9^{**}}(IiL)^3$	0,9933
RFA(IiA)	Adensado	Regressão Resíduo	3 17	140,1479 0,1152	1216,79**	$UFA = 56,440 + 0,0257^{**}(IiA) - 2 \times 10^{-5^{**}}(IiA)^2 + 6 \times 10^{-9^{**}}(IiA)^3$	0,9954
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	3 17	75,7253 0,1094	692,43**	$UFL = 53,868 + 0,017^{**}(STL) - 9 \times 10^{-6^{**}}(STL)^2 + 2 \times 10^{-9^{**}}(STL)^3$	0,9919
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 19	139,9613 0,1481	944,92**	$UFA = 55,833 + 0,015^{**}(STA) - 7 \times 10^{-6^{**}}(STA)^2 + 1 \times 10^{-9^{**}}(STA)^3$	0,9940
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 19	221,3251 0,40579	545,42**	$UFL = 55,7216 + 0,08953^{**}(DSL)$	0,9663
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 19	209,4340 0,19633	1954,76**	$UFA = 56,4161 + 0,10130^{**}(DSA)$	0,9904

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

Peso seco foliar

Uma forma de avaliar o crescimento de plantas ou de partes da planta é através da determinação da massa seca acumulada, que é o resultado da fotossíntese realizada principalmente pelas folhas. É uma estimativa, ainda que de forma grosseira, da fotossíntese líquida, e portanto, muito útil quando se deseja comparar genótipos diferentes, ou o desempenho de um mesmo genótipo em ambientes diferentes.

Analisando a Tabela 4A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Com exceção das épocas 1 e 2, todas as interações foram significativas, ao nível de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 6A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas para os sistemas de plantio.

Apenas no início das avaliações (outubro) as diferenças não foram significativas, pelo teste de Tukey, entre o plantio convencional e o plantio adensado (Tabela 6A). Houve um distanciamento entre os pesos secos nos dois sistemas de plantio, apresentando peso seco de folhas que cresceu numa tendência exponencial, quando relacionado com as épocas das medições.

As folhas atingiram o maior peso seco em abril, 1776,8 g/planta, no plantio convencional e 621,7 g/planta, no plantio adensado. Após o mês de abril os pesos começaram a cair e atingiram 151 g/planta no plantio adensado e 819,3 g/planta no plantio convencional, isto devido perda de turgescência das folhas e perda das folhas pelas plantas.

Peso seco foliar e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O peso seco foliar, tanto no sistema convencional como no adensado, teve um comportamento exponencial devido às influências da radiação fotossinteticamente ativa e ao déficit de

pressão de vapor, mas apresentou uma reação linear em relação à soma térmica em graus-dia (Figura 9).

Na Tabela 11 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou peso seco foliar (PSF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST) e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

A temperatura é uma das variáveis mais importante, afetando não apenas o acúmulo de fitomassas como, também, a duração de vários estádios de desenvolvimento e crescimento (BERLATO, 1981).

AKUNDA et al.(1979) observaram que a área das folhas aumentou com o incremento da densidade de plantio, mas o peso e o volume foliares específicos, a densidade foliar e a matéria seca foliar diminuíram. O aumento da área foliar esteve associado à melhor utilização da luz e as outras características estariam associadas à maior taxa de difusão de gases (CO_2).

A taxa de produção de matéria seca do dossel de uma cultura depende essencialmente da quantidade de energia solar absorvida pelas folhas e de sua eficiência fotossintética. Se o dossel possui resposta da lâmina foliar curvilínea, a eficiência fotossintética do dossel aumentará se a energia radiante incidente for distribuída sobre uma área maior de superfície fotossintetizante (FOALE et al., 1984).

Área foliar por planta

Na Tabela 7A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). E a interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas,

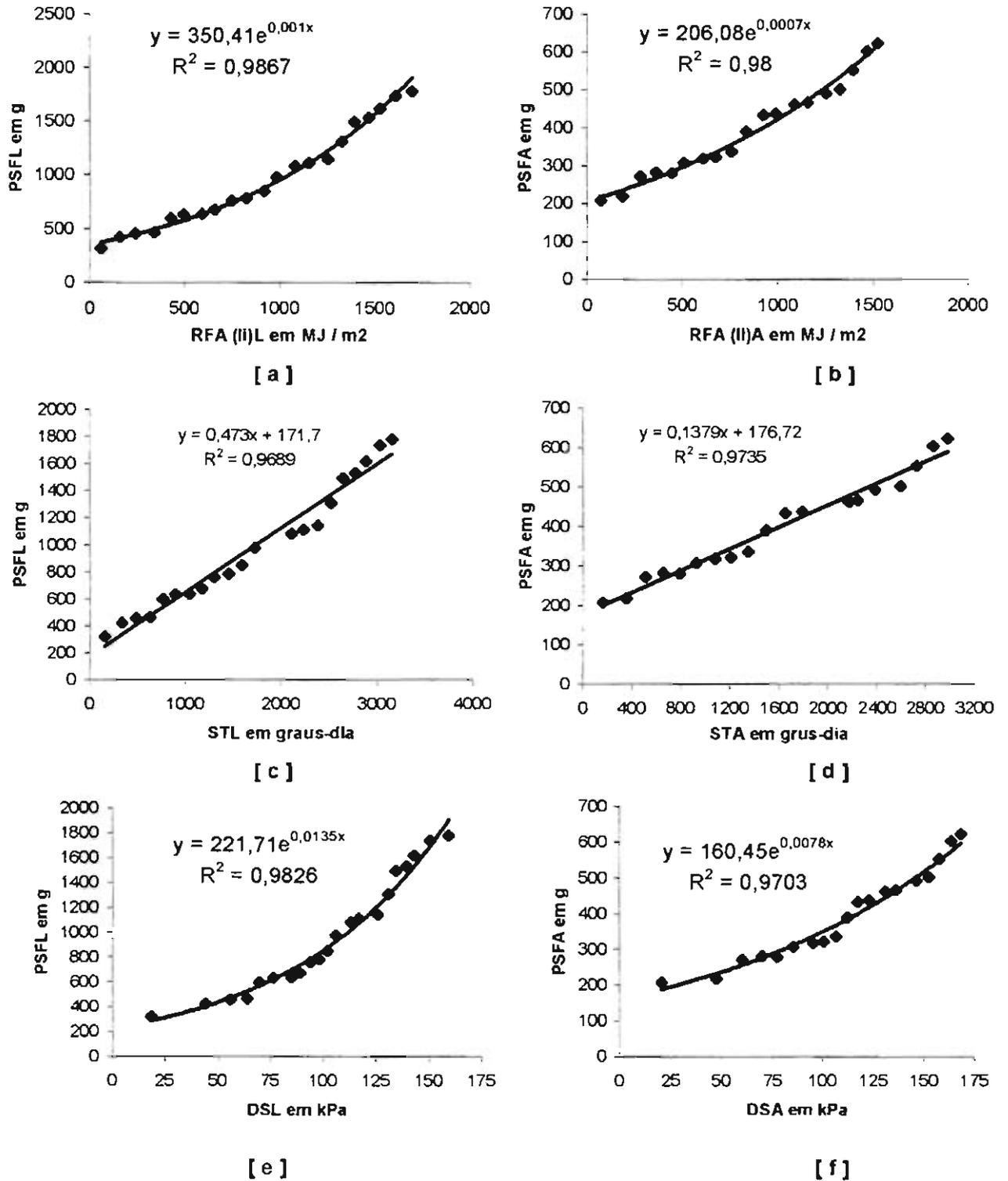


Figura 9 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a o peso seco foliar da planta *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional (L) e adensado (A).

Tabela 11 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco foliar (PSF) por planta de Coffea arabica L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional (PSFL) e adensado (PSFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado[RFA(liA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 19	0,9505 0,0007	1451,01**	PSFL = 350,1400 . e ^{0,001**(liL)}	0,9871
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 17	0,35793 0,00733	829,59**	PSFA = 206,1200 . e ^{0,0007**(liA)}	0,9799
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 19	4074619 6893,054	591,12**	PSFL = 171,7040 + 0,4730**(STL)	0,9689
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 17	74578,400 438,975	625,50**	PSFA = 176,7190 + 0,13791**(STA)	0,9735
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 19	0,9462 0,00088	1072,15**	PSFL = 2,3458 . e ^{0,0135**(DSL)}	0,9826
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 17	0,3544 0,63806	154,87**	PSFA = 2,2054 . e ^{0,0135**(DSA)}	0,9703

Obs.:** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 8A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas para os sistemas de plantio, em relação a área foliar.

A relação média entre a área foliar e o número de folhas foi a mesma nos dois sistemas de plantio, ou seja, a área por folha foi de 15 cm² na primavera, e de 18 cm² no verão. A partir de maio, com queda de folhas, sem folhas novas e sem a expansão das folhas existentes, a relação área e número de folhas aumentou passando para 22 cm² no plantio adensado, mantendo-se inalterada no plantio convencional.

BARROS e MAESTRI (1974) afirmaram que em experimentos, tanto no Quênia, como no Brasil, a maior expansão foliar ocorre em estações chuvosas. Em Viçosa, esta expansão seguiu um modelo sigmoide, mas que a taxa de crescimento e a área final dependem da época em que se verifica a expansão. Assim, folhas que apareceram em outubro atingiram média de 55 cm², com uma taxa média de crescimento de 9,2 cm² por semana; em janeiro, 27 cm² e 4,5 cm² por semana, e em junho, 9 cm² e 0,9 cm² por semana.

Pela Tabela 9A, verifica-se que no início do experimento o plantio convencional apresentou maior área foliar/planta e durante todo o experimento o incremento na área foliar foi sempre maior neste sistema de plantio. Segundo NACIF (1997) até o momento não se constatou qualquer influência dos espaçamentos entre fileiras e entre plantas na fileira sobre a emissão de folhas dos ramos plagiotrópicos primários. Para RENA e MAESTRI (1986), a produção de folhas é um processo contínuo durante o ano, mas a sua taxa varia com as condições climáticas. Os autores citam que em Viçosa, o número de folhas formadas nos ramos primários não variou sensivelmente na estação chuvosa (outubro a março), mas caiu acentuadamente na estação fria e seca.

Em Uberaba, a maior área foliar ocorreu no mês de abril, 15,0 m² /planta no plantio convencional e 5,5 m² /planta no plantio adensado e a área foliar em julho atingiu 8,0 m² /planta no plantio convencional e 2,13 m² /planta no plantio adensado, sendo que a menor área foi medida no início do experimento, 2,25 m² /planta no plantio convencional e 1,37 m² /planta no plantio adensado. FRANCO e INFORZATO (1950) em Campinas, determinaram a área foliar média de um cafeeiro encontrando valores iguais a 32 m², na estação chuvosa e 12 m², na estação seca.

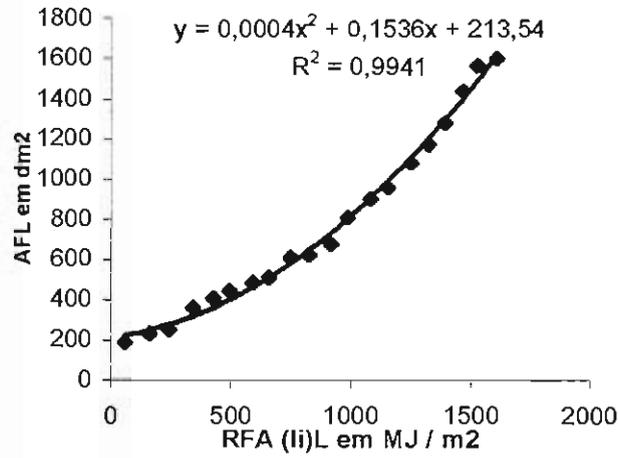
Área Foliar e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A área foliar, tanto no sistema convencional (AFL) como no adensado (AFA), teve um comportamento quadrático quando relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, e com a soma térmica, e exponencial quando relacionada com o déficit de pressão de vapor (Figura 10).

Na Tabela 12 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou a área foliar (AL), com as variáveis climáticas, encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A), para as variáveis meteorológicas radiação fotossinteticamente ativa (RFA), soma térmica (graus-dia) (ST), déficit de pressão de vapor (DS).

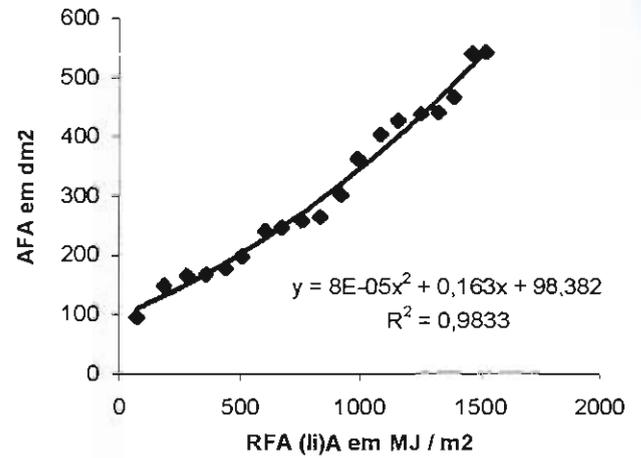
As folhas totalmente expostas absorvem 80 a 90 % da radiação fotossinteticamente ativa incidente e, ao meio dia, as folhas superiores absorvem acima da quantidade de luz requerida para a saturação. Portanto, a área foliar é um importante fator da produtividade de uma cultura, por ser a principal responsável pela interceptação da radiação solar. Quando os seus valores são acima do ponto ótimo tornam-se nocivos ao ciclo da cultura e quando, há o auto-sobreamento, ocorre uma relação inversa entre produtividade e área foliar (MELGES et al., 1989). Para FOALE et al. (1984), quando a resposta da planta à luz é curvilínea, implica numa maior eficiência em baixa densidade do fluxo luminoso.

O cafeeiro é adaptado a uma arquitetura adequada para uma melhor interceptação da luz. Ele utiliza 40 a 54 % de sua produção total de matéria seca para incrementar a nova área foliar. Plantas com espaçamentos adensados produzem dosséis com boas características de transmissão de luz, galhos superiores com ângulos pequenos em relação à vertical, folhas distribuídas em grandes distâncias verticais e estruturas cônicas fazendo com que o dossel receba uma sombra moderada, sendo uma necessidade, já que as folhas do cafeeiro tem sua máxima fotossíntese a baixas intensidades de radiação (CANNELL, 1976).

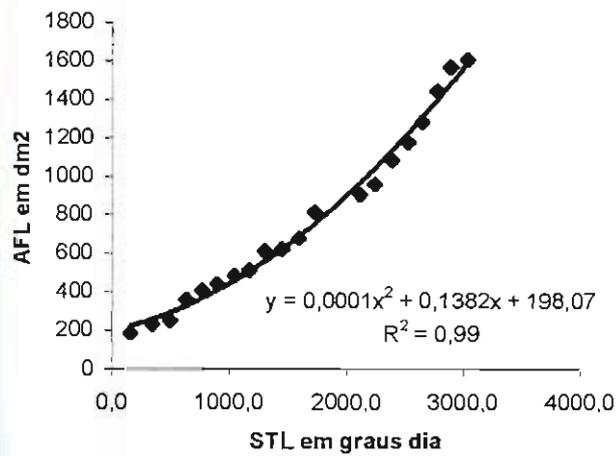
A luz e a radiação solar têm efeitos diretos no processo fisiológico da fotossíntese e da expansão foliar (PENMAN, 1962).



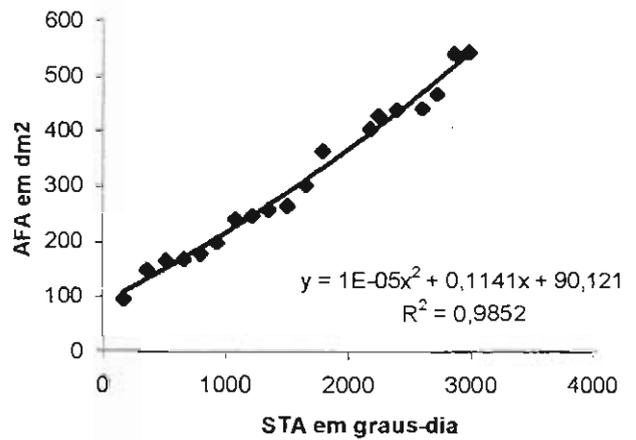
[a]



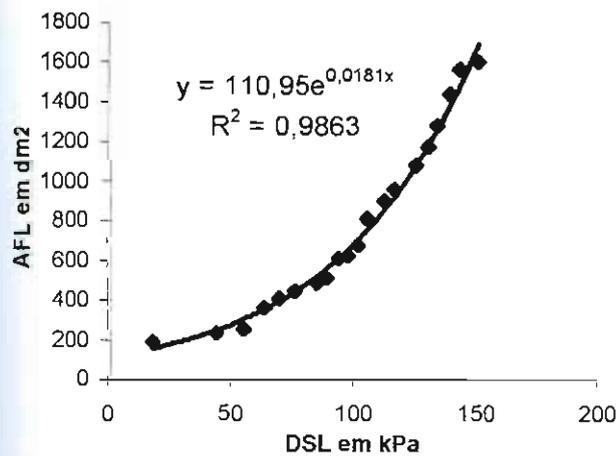
[b]



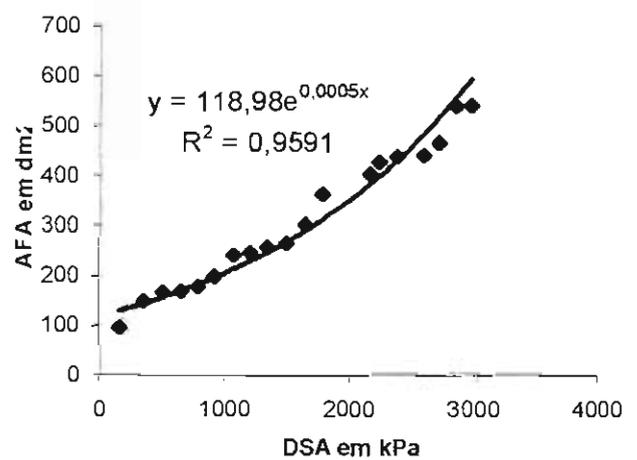
[c]



[d]



[e]



[f]

Figura 10 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a área foliar (dm^2) de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa [RFA (li)], em MJ m^{-2} , (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional(L) e adensado (A).

Tabela 12 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para a área foliar por planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaia nos plantios convencional (AFL) e adensado (AFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)], e adensado[RFA(liA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão vapor no interior dos plantios convencional(DSL) e adensado (DSA). Uberaba 12/07/2002 e 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	2 17	6108212,00 40890,07	1493,79**	AFL = 213,54 0+ 0,1536**(liL) + 0,0004**(liL) ²	0,9941
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 16	712725,90 1525,478	467,21**	AFA = 98,382 + 0,1630**(liA) + 8 x 10 ^{-5**} (liA) ²	0,9833
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 17	6081308,0 7254,23	838,31**	AFL = 198,070 + 0,1382**(STL) + 0,0001**(STL) ²	0,9900
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 16	714221,70 1338,51	533,59**	AFA = 90,121 + 0,2329**(STA) + 10 ^{-5**} (STA) ²	0,9852
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 18	1,471 0,001	1299,92**	AFL = 110,95 . e ^{0,0181**(DSL)}	0,9863
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 17	0,812 0,0009	931,36**	AFA = 118,26 . e ^{0,0005**(DSA)}	0,9591

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

Índice de área foliar (IAF)

O conhecimento da variação do índice de área foliar (IAF) durante o período produtivo do cafeeiro é essencial para se estimar o consumo hídrico, modelar o crescimento e desenvolvimento das plantas e, até mesmo, estimar o rendimento.

Analisando a Tabela 7A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisada (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, conforme a Tabela 8A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas para os sistemas de plantio, em relação a área foliar, menos para as épocas 10, 11 e 12.

Devido a grande variação tanto da área foliar como dos índices de área foliar entre os dois tratamentos (plantio adensado e plantio convencional), os coeficientes de variação nas parcelas foram altos (Tabela 7A).

Conforme ocorreu com a área foliar, para o IAF em todas as épocas as médias entre os dois sistemas de plantio foram diferentes significativamente, segundo o teste de Tukey (Tabela 9A).

O maior IAF, conforme a área foliar, ocorreu no mês de abril, 8,03 no plantio convencional e 10,84 no plantio adensado. E os menores índices encontrados foram no início do experimento, em outubro, quando iniciou o período de emissão de folhas, sendo 1,35 no plantio convencional e 2,74 no plantio adensado. O IAF, em média, foi de 4,59 e 6,06, respectivamente, nos plantios convencional e adensado. JARAMILLO-ROBLEDO (1979) encontrou IAF para *Coffea arabica* L. cv. Catuaí igual a 7,97 e VALENCIA-ARISTIZÁBAL (1873) encontrou, para o *Coffea arabica* var. Caturra, 8,03.

Índice de área foliar (IAF) e suas correlações com as variáveis meteorológicas. O índice de área foliar, tanto no sistema convencional como no

adensado, teve um comportamento semelhante ao da área foliar. Houve uma relação quadrática entre o IAF e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a soma térmica e exponencial entre o IAF e o déficit de pressão de vapor (Figura 11) .

Na Tabela 13 encontra-se um resumo das análises de variância das regressões obtidas quando se relacionou o índice de área foliar (IAF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada[RFA(li)], com a soma térmica (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

No inverno, antes do florescimento, quando a planta com a menor área foliar, apresentou o menor índice de área foliar e, conseqüentemente, a maior parte da radiação incidente não foi aproveitada diretamente pela folha. Com a estação chuvosa e com o desenvolvimento da planta ocorreu o sombreamento, quando as plantas começaram a competir entre si (JARAMILLO-ROBLEDO, 1979).

Ainda, JARAMILLO-ROBLEDO (1979), em Piracicaba, estudando o índice de área foliar por camada na variedade Boubon Amarelo e na cultivar Catuaí encontrou médias de: 0,161 e 0,447 na primeira camada superior, respectivamente; 0,494 e 1,285 na segunda camada, respectivamente; 1,202 e 2,053 na terceira camada, respectivamente; 1,979 e 3,265, respectivamente, na quarta camada, ou seja, na camada inferior.

A relação entre a RFA incidente na superfície do solo e o balanço de radiação, para valores diários foi 12 %, segundo JARAMILLO-ROBLEDO (1994). Essa diferença esteve associada ao índice de área foliar, já que para um valor maior do IAF, a RFA interceptada pela planta é maior e, portanto, a RFA transmitida na superfície do solo é menor.

KULMAR (1978), estudando a interceptação da luz em *Coffea arabica* L, no Quênia, encontrou uma radiação fotossinteticamente ativa, para densidades superiores a 12.700 plantas por hectare, praticamente toda interceptada, achando valores insignificantes transmitida entre a parte média da planta e a superfície do solo.

JARAMILLO-ROBLEDO (1979), estudando o modelo de MONSI & SAEKI (1953), em que a intensidade luminosa a uma determinada altura dentro de uma

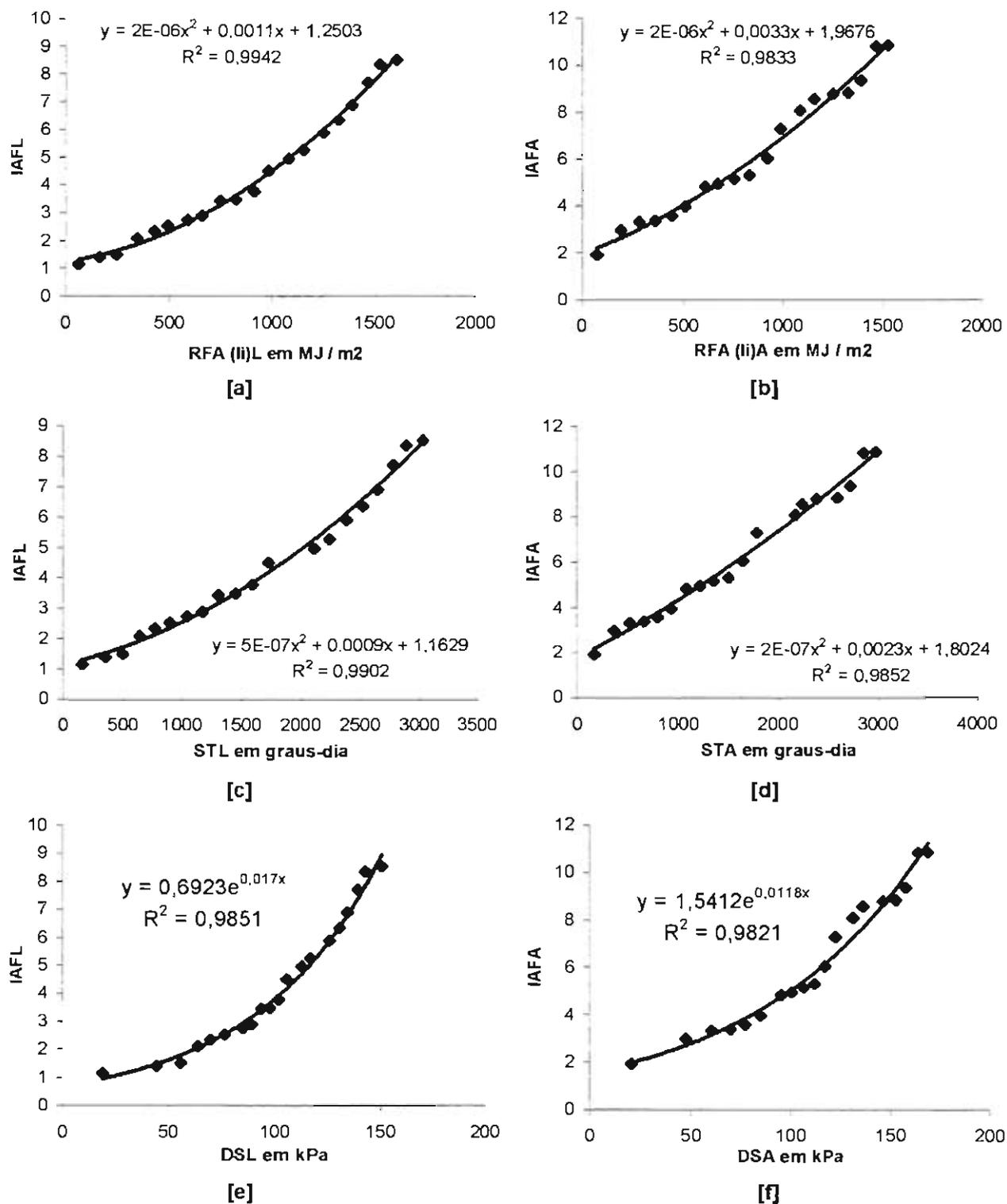


Figura 11 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a o índice de área foliar (IAF) de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e; (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA (li)], em MJ m⁻², (c-d) soma termica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional e adensado.

Tabela 13 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o índice de área foliar (IAF) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, nos plantios convencional (IAFL) e adensado (IAFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional [RFA(liL)] e adensado [RFA(liA)], soma térmica no interior dos plantios convencional (STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	2 17	166,3743 0,1104	1507,38**	IAFL = 1,25043 + 0,0011**(liL) + 2 x 10 ⁻⁶ *(liL) ²	0,9942
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 16	285,0904 0,6102	467,21**	IAFA = 1,9676 + 0,0033**(liA) + 2 x 10 ⁻⁶ *(RFA) ²	0,9833
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 17	165,6795 0,1921	862,42**	IAFL = 1,1629 + 0,0009**(STL) + 5 x 10 ⁻⁷ *(STL) ²	0,9902
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 16	285,6887 0,5154	533,59**	IAFA = 1,8024 + 0,0023**(STA) + 2 x 10 ⁻⁷ *(STA) ²	0,9852
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 18	1,3033 0,0011	1188,18**	IAFL = 0,6923 e ^{0,0017** (DSL)}	0,9851
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 17	1,4771 0,0011	1299,92**	IAFA = 1,5412 e ^{0,0118 ** (DSA)}	0,9821

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

comunidade vegetal, decresce linearmente com o incremento acumulado do índice de área foliar, desde a parte superior da planta até o nível do solo, encontrou coeficientes de extinção de 0,49 para a cultivar Catuai e de 0,42 para a variedade Bourbon Amarelo. Em Uberaba, em estudos com a cultivar Acaiá, 474/19, em duas densidades de plantio, encontraram-se os coeficientes de extinção de 0,57 para o plantio convencional e 0,69 para o plantio adensado.

Observa-se a grande variabilidade nos coeficientes de extinção calculados para as diferentes plantas das diferentes cultivares e em diferentes densidades de plantio. Esta variação nos coeficientes de absorção pode ser atribuído à grande arquitetura diferenciada das plantas.

Peso seco dos frutos

Na Tabela 10A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre os sistemas de plantio e as épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 6A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas dentro dos sistemas de plantio, em relação ao peso seco dos frutos, com exceção das épocas 1, 2 e 3.

Observando a Tabela 11A e Figura 12, verificam-se as variações no peso seco durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19. Para o seu crescimento, o fruto, desde a floração até a maturação, levou em média 220 dias, ou até a sua queda natural, 270 dias.

Nesses 270 dias de planta os frutos passaram por quatro fases; uma lenta no principio, fase de chumbinho, a segunda foi a fase de formação da semente e apresentou um crescimento rápido, a terceira foi a fase de maturação, também

muito rápida, e a quarta fase foi a da secagem, fase acelerada na qual o fruto perde água e peso rapidamente até se desprender da planta.

Os dados relativos ao acúmulo de matéria seca seguem uma trajetória quadrática, quando se considera as fases do fruto do final do florescimento até a maturação, conforme as seguintes equações:

$$\text{PSFrL} = 73,876 - 17,958 E + 16,890 E^2, \text{ com } R^2 = 0,9955 \text{ e}$$

$$\text{PSFrA} = -12,647 + 17,838 E + 3,2496 E^2, \text{ com } R^2 = 0,9955$$

Desde a primeira medição, feita em outubro, os frutos do plantio convencional apresentaram maior peso/planta e assim se mantiveram até a última medição. Mas esclarece-se que nas primeiras medições, nas épocas 1, 2, 3 não houve diferenças significativas entre as médias, pelo teste de Tukey, nos dois sistemas de plantio (Tabela 11A).

Considerando-se o peso dos frutos por área de plantio, ou seja, peso seco por metro quadrado, o plantio adensado apresentou maior peso durante todo o período (em todos os decêndios). No mês de novembro, o plantio adensado apresentou, em média, maior peso seco dos frutos/m², 420,5 g /m², enquanto no plantio convencional foi apenas de 92,2 g /m². Essa relação diminuiu muito, logo após a maturação, fase em que o fruto começou a secar e a cair da planta. Quando o fruto atingiu a sua maturação fisiológica, o peso seco foi de 3904,05 g /m², no plantio adensado, e 2030,97 g /m², no plantio convencional. As maiores diferenças entre os pesos secos/m² ocorreram quando os frutos ainda eram jovens.

Peso seco de frutos e sua correlação com as variáveis meteorológicas. Os peso dos frutos, tanto no sistema convencional como no adensado, tiveram um comportamento quadrático em relação à radiação fotossinteticamente ativa interceptada, à soma térmica e ao déficit de pressão de vapor (Figura 12).

Na Tabela 14 encontram-se o resumo das análises de variância das regressões obtidas quando se relacionou o peso seco dos frutos (PSFr) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(Ii)], com a soma térmica (ST), e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os

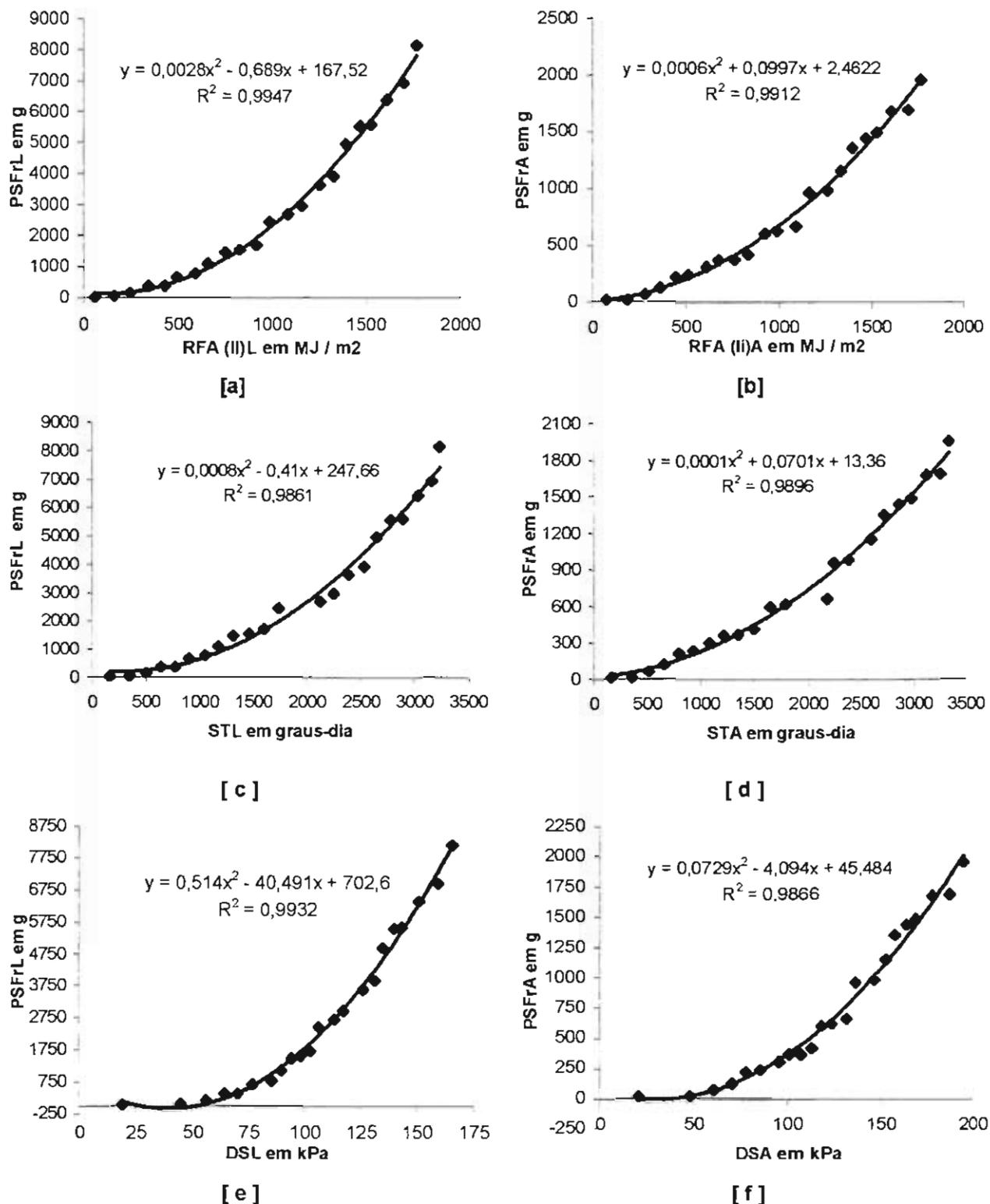


Figura 12 (a-b-c-d-e-f) -Relação entre o peso seco dos frutos por planta, em g, de *Coffea arabica* L. cv. Acaiaí, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA (li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional e adensado.

Tabela 14 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco de frutos (PSFr) por planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19 nos plantios convencional(PSFrL) e adensado(PSFrA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(IIL)] e adensado[RFA(IIA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional(DSL) e adensado(DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	2 19	64782530,00 34844,85	1859,17**	PSFrL = 167,5200 - 0,0028*(IIL) + 0,0028**(IIL) ²	0,9947
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 19	3944811,00 3654,866	1079,33**	PSFrA = 2,4622 + 0,0997 ^{NS} (IIA) + 0,0006**(IIA) ²	0,9912
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 19	64209920 95119,54	75,04**	PSFrL = 247,6610 - 0,4100 ^{NS} (STL) + 0,0008**STL ²	0,9861
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 19	3937974 4374,52	900,21**	PSFrA = 13,3589 + 0,0701 ^{NS} (STA) + 0,0001**(STA) ²	0,9896
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 19	64672030,00 46476,18	1391,51**	PSFrL = 702,6000 - 40,4911**(DSL) + 0,514**(DSL) ²	0,9932
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 19	3926377,00 5595,242	701,73**	PSFrA = 45,4839 - 4,094**(DSA) + 0,0729**(DSA) ²	0,9866

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T. * significativo, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste T
^{NS} Não significativo pelo teste T

maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

SALAZAR-GUTIÉRREZ et al.1994, também, encontraram crescimento quadrático para os frutos de *Coffea arabica* var. Colombia, indicando que, inicialmente a velocidade de crescimento do fruto é lenta, em seguida adquire uma velocidade máxima e, finalmente, decresce.

Os frutos do cafeeiro são verdes na fase de crescimento, têm estômatos funcionais e podem representar 20 a 30% da superfície fotossintética total de uma planta com boa carga. Há evidências de que os frutos são responsáveis por até 30% do seu ganho de matéria seca e que a taxa de fotossíntese das folhas é regulada pela força dos drenos, dos quais os frutos são os principais representantes (RENA & MAESTRI, 1985).

No Quênia, irrigação e cobertura morta foram as únicas práticas culturais que aumentaram o tamanho do fruto. E em experimento sob condições controladas, a taxa de desenvolvimento dos frutos foi marcadamente afetada pela temperatura, sendo mais rápidas em temperaturas intermediárias (RENA & MAESTRI, 1985).

Na maturação, além da mudança visível de cor, que passa de verde a vermelha, o pericarpo aumenta de volume e o endocarpo torna-se mais denso pela deposição da matéria seca pelo que o fruto aumenta de tamanho e peso (RENA & MAESTRI, 1985).

Umidade dos frutos

Na Tabela 10A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistema de plantio e época, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, conforme a Tabela 3A, indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas

para os sistemas de plantio, em relação a umidade dos frutos, com exceção das épocas 1, 2, 3, 5, 6 e 11.

Analisando a Tabela 11A e Figura 13, verifica-se as variações na umidade durante o desenvolvimento dos frutos de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19. Durante os primeiros estádios nota-se aumento considerável da umidade, dos 64,4% para o plantio adensado e 62% para o plantio convencional até atingir o máximo de 84,2 % no plantio adensado e 82,2 % no plantio convencional. A partir daí, a umidade cai rapidamente, devido ao acúmulo de reservas e aumento da matéria seca até que se tome por completo a consistência sólida. Neste ponto, os frutos começaram a mudar de cor e a sua umidade foi de, aproximadamente, 70 %.

Do início até a maturação dos frutos, praticamente, não ocorreram diferenças entre os dois sistemas de plantio. A partir da maturação, os frutos do plantio adensado mantiveram-se com mais umidade até um mês antes dos frutos começarem a se desprender das plantas, quando novamente apresentaram umidades semelhantes.

Durante o desenvolvimento dos frutos ocorreram grandes variações de umidade, em trabalho realizado por SALAZAR-GUTIERREZ et al.(1994), em *Coffea arabica* L. var. Colombia. Nas primeiras fases do desenvolvimento houve um aumento considerável da umidade no fruto, atingindo o seu máximo na 16ª semana. Este comportamento foi atribuído ao processo de divisão celular e expansão das células dos frutos. A partir daí a umidade começa a diminuir devido a formação do endosperma, aumentando a matéria seca dos frutos.

Peso seco dos ramos

Verificando a Tabela 10A, observa-se que o teste F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, indicando diferenças entre os sistemas de plantio (convencional e adensado) e entre as épocas analisadas (outubro/2002 a junho/2003). A interação entre sistemas de plantio e épocas, também, foi significativa, ao nível de 1% de probabilidade, concluindo-se que, neste caso, o sistema de plantio não agiu independentemente das épocas analisadas. Quase todas as interações foram significativas, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, conforme a Tabela 3A,

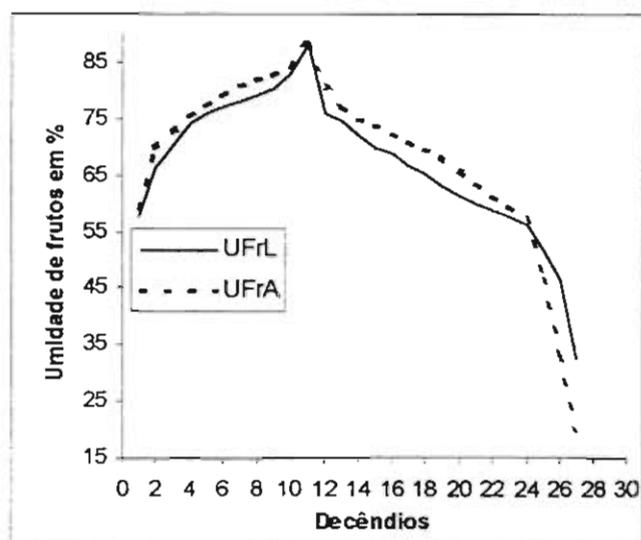


Figura 13 - Evolução da umidade do fruto da florescimento até a sua queda natural da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, nos plantios convencional (L) e adensado(A)

indicando que existem diferenças entre os sistemas de plantio para as épocas avaliadas e, também, entre as épocas avaliadas dentro dos sistemas de plantio, em relação ao peso seco dos ramos, com exceção das épocas 1 e 2.

Observando a Tabela 11A, verifica-se que somente nas épocas 1 e 2, as diferenças não foram significativas, pelo teste de Tukey, entre as médias no plantio convencional e no plantio adensado. Até o mês de fevereiro, os ramos apresentaram baixo crescimento, com um ganho de 4,5 g/dia no plantio convencional e 1,6 g/dia no plantio adensado. De fevereiro até maio tiveram crescimento e desenvolvimento rápidos, com ganho de 13,3 g/dia no plantio convencional e 3,8 g/dia no plantio adensado. O plantio convencional apresentou sempre ganhos por planta bem mais acentuados que o plantio adensado.

Peso seco dos ramos e sua correlação com as variáveis meteorológicas. O peso seco dos ramos, tanto no sistema convencional como no adensado, teve um comportamento exponencial quando relacionado com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de pressão de vapor (Figura 14).

Na Tabela 15 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou o peso seco dos ramos (PSR) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

A morte descendente de ramos e a morte de raízes do cafeeiro são problemas bastante graves. Podendo ser atribuídas à tensões hídricas prolongadas, deficiência severa de certos minerais, alta temperatura e luminosidade RENA & MAESTRI (1985). A seca dos ramos é mais acentuada em certas cultivares que em outras, como na Catimor e, menos, na Catuaí.

O peso seco de ramos não é influenciado pelo espaçamento das ruas, mas o espaçamento entre plantas na fileira pode afetar o número de ramos e conseqüentemente a o peso seco dos ramos (NOJOROGE et al., 1992; NASCIF, 1997)

Análise de crescimento de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, sob influência de variáveis meteorológicas.

A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética. O restante é que depende da absorção de nutrientes minerais do solo. Como o crescimento é avaliado através de variações em tamanho de alguns aspectos da planta, geralmente morfológicos, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento.

Nos itens anteriores discutiram-se o crescimento e o desenvolvimento da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, em dois sistemas de plantio: convencional e adensado, confrontando altura da planta, diâmetro da base do caule, número de ramos, peso seco dos ramos, número de nós, área foliar, índice de área foliar, número de folhas, peso seco foliar, umidade foliar, peso seco dos frutos e umidade dos frutos

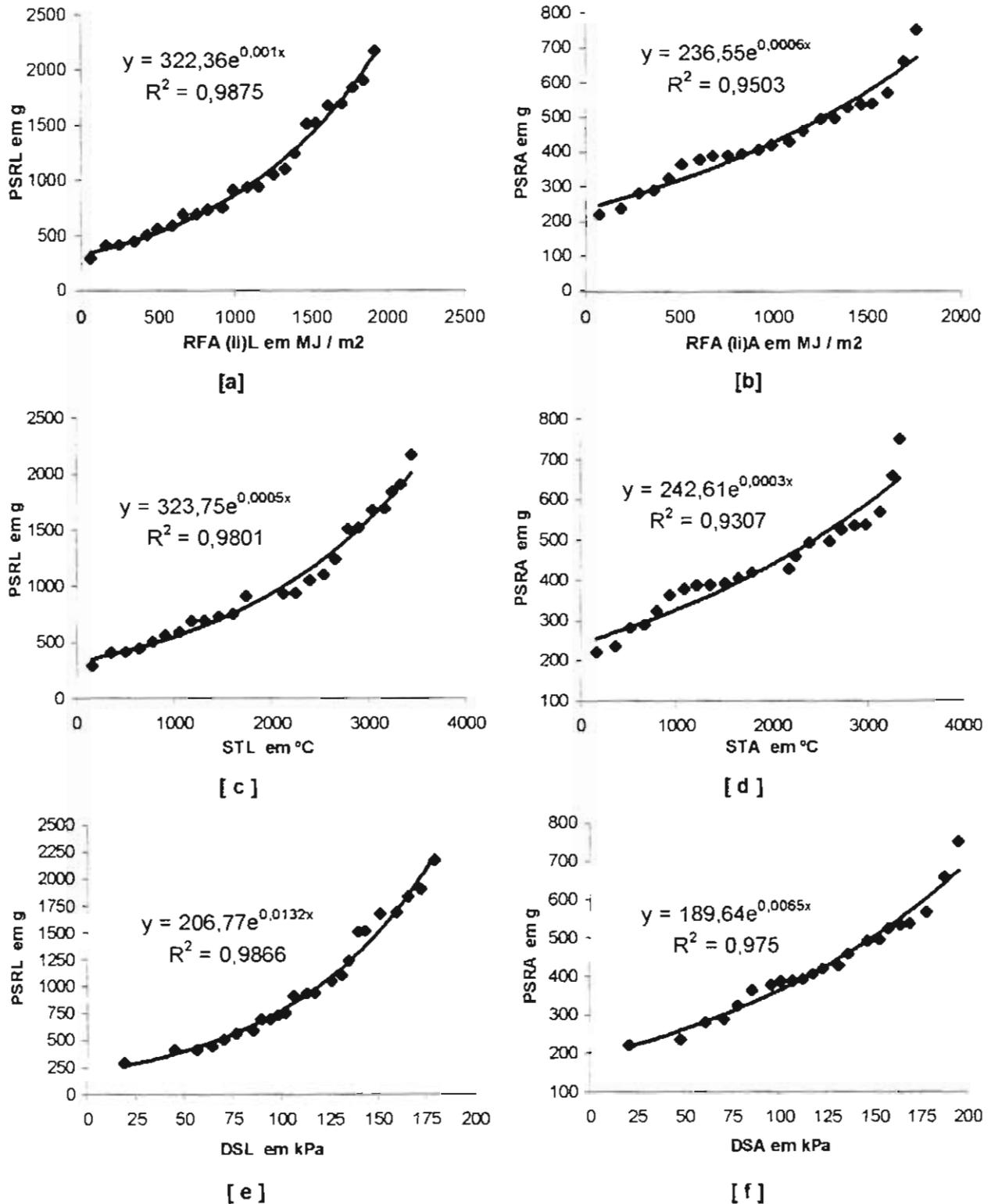


Figura 14 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre o peso seco dos ramos, em g, da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional e adensado.

Tabela 15 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para o peso seco de ramos (PSR) por planta de Coffea arabica L. cv. Acaiá, 474/19 nos plantios convencional(PSRL) e adensado (PSRA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(IIL)] e adensado [RFA(IIA), soma térmica no interior dos plantios convencional (STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional(DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(IIL) 0,9880	Largo	Regressão	1	1,3600	1811,40**	PSRL = 313,8846 . e ^{0,001**(RFA)}	
		Resíduo	22	0,0008			
RFA(IIA)	Adensado	Regressão	1	0,3646	380,85**	PSRA = 235,7436 . e ^{0,0006**(RFA)}	0,9501
		Resíduo	20	0,0010			
S.T.L.	Largo	Regressão	1	1,3492	1085,53**	PSRL = 323,7502 . e ^{0,0005**(STL)}	0,9801
		Resíduo	22	0,0012			
S.T.A.	Adensado	Regressão	1	0,3571	268,53**	PSRA = 24 2,6051 . e ^{0,0003**(STA)}	0,9307
		Resíduo	20	0,0013			
D.S.L.	Largo	Regressão	1	1,3581	1619,90**	PSRL = 206,7664 . e ^{0,0132**(DSL)}	0,9866
		Resíduo	22	0,0008			
D.S.A.	Adensado	Regressão	1	0,3741	780,67**	PSRA = 189,6357 . e ^{0,0065**(DSA)}	0,9750
		Resíduo	20	0,0005			

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

relacionados com a radiação fotosinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de saturação de vapor. Neste item fez-se uma análise desse crescimento e desenvolvimento utilizando os dados de área foliar, matéria seca foliar, dos frutos e dos ramos procedendo-se os cálculos, usando fórmulas matemáticas propostas por EVANS (1972), para os parâmetros seguintes:

Razão de área foliar (RAF)

A RAF foi determinada através da razão entre os valores da área foliar total e a matéria seca total acumulada, obtida em cada amostragem para o plantio convencional e plantio adensado. É um parâmetro morfofisiológico por ser a razão entre a área foliar (responsável pela absorção da luz e CO_2) e a matéria seca total (resultado da fotossíntese líquida), ou seja, a RAF é a área foliar, em dm^2 , usada para produzir 1 g de matéria seca. Na Figura 15, verifica-se que, sob baixa radiação solar, a RAF foi, durante todo o período, superior à RAF sob alta radiação solar. Os dados, também, permitem verificar que a RAF declina à medida que a planta cresce, o que é perfeitamente compreensível pois, com o crescimento, aumenta a interferência de folhas superiores sobre as folhas inferiores e a tendência é a área foliar útil diminuir a partir de uma certa fase. Este efeito da menor RAF à medida que aumenta a intensidade de luz é considerado como resultante da capacidade da planta em se adaptar a diferentes condições de luminosidade, dentro de certos limites. Desta forma, quanto maior a luminosidade, menor a área foliar necessária para produzir 1 grama de matéria seca (BENINCASA 1988).

Como a estrutura de uma folhagem pode ser um importante fator para determinar a produtividade de uma comunidade vegetal, a avaliação cuidadosa do comportamento da área foliar é, sem dúvida, um fator que auxilia na tomada de decisão para eleger um espaçamento mais produtivo.

Razão de área foliar e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A razão de área foliar, tanto no sistema convencional como no adensado, teve um

comportamento linear quando comparada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de pressão de vapor (Figura 15)

Na Tabela 16 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se comparou a razão de área foliar (RAF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(I)], com a soma térmica (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

Em função das equações que ajustaram os pontos dentro de cada gráfico, nota-se que as retas, em função inversa, apresentaram semelhança entre os dois sistemas de plantio, onde o sistema convencional apresentou maior inclinação que o sistema adensado. O plantio adensado apresentou maiores densidades de folhas, ou seja, maior razão de área foliar, que o plantio convencional.

Em todas as variáveis meteorológicas, o grau de ajuste às equações de regressão, no plantio convencional, foi maior, apresentando maiores coeficientes de determinação.

O efeito da menor RAF à medida que aumenta a intensidade de luz é considerado como resultante da capacidade da planta em se adaptar a diferentes condições de luminosidade, dentro de certos limites. Assim quanto maior a luminosidade, menor área foliar é necessária para produzir uma grama de matéria seca. Esta plasticidade em RAF (área foliar útil) é confundida com a área foliar real, a qual só em alguns casos se comporta da mesma forma. Por outro lado, fora dos limites de luminosidade suportáveis pela planta (característica genética) não se detecta mais esta plasticidade (BENINCASA, 1988).

No Quênia, foi pela primeira vez demonstrado que, a fotossíntese do cafeeiro é maior em condições de baixa luminosidade do que à luz solar plena, e a assimilação total diária foi maior à sombra do que ao sol. Esse fato, segundo RENA & MAESTRI (1985), foi atribuído à alta irradiância, já que ele aparentemente não se correlaciona com o conteúdo de água na folha. Resultados semelhantes foram, também, obtidos em Porto Rico.

RENA & MAESTRI (1985), continua afirmando que a queda fotossintética, sob

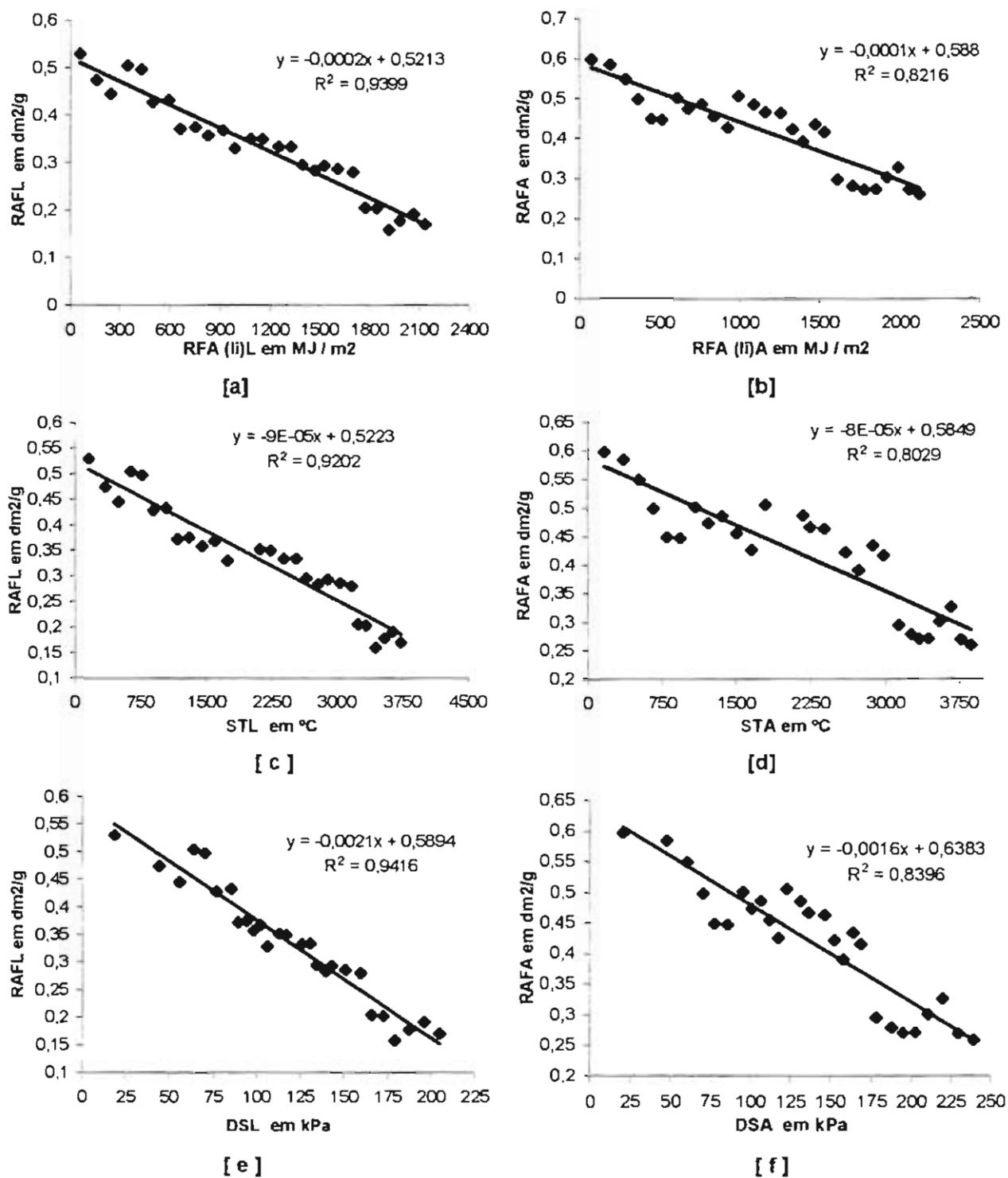


Figura 15 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a razão de área foliar (RAF), em dm^2/g , da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA (li)], em MJ m^{-2} , (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa , nos plantios convencional (L) e adensado(A).

Tabela 16 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como razão de área foliar (RAF) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 nos plantios convencional (RAFL) e adensado (RAFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional [RFA(IIL)] e adensado [RFA(IIA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,2800 0,0007	398,90**	RAFL = 0,5213 - 0,0002**(IIL)	0,9399
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,2193 0,0019	116,34**	RAFA = 0,5880 - 0,0001**(IIA)	0,8216
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,2737 0,0010	288,24**	RAFL = 0,52230 - 0,00009**(STL)	0,9202
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,2139 0,0021	101,81**	RAFA = 0,58491 - 0,00008**(STA)	0,8029
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,2801 0,0007	403,30**	RAFL = 0,58937 - 0,00214**(DSL)	0,9416
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,2237 0,0017	130,83**	RAFL = 0,63827 - 0,00159**(DSA)	0,8396

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

alta intensidade luminosa, é decorrência do aumento da temperatura foliar e da conseqüente elevação da concentração interna ou mesófila do CO₂, que acima de 24 °C, acarreta diminuição da condutância foliar global, dificultando as trocas gasosas da folha. Assim com temperatura foliar de 34 °C, a fotossíntese do cafeeiro seria praticamente zero. A faixa ótima da temperatura foliar varia de 20 a 30 °C, dependendo da aclimação em a planta foi submetida anteriormente.

Em Viçosa, RENA & MAESTRI (1985), utilizando técnicas polarográficas e fragmentos foliares de 50 µm de largura, e estudando apenas a resistência mesófila da fotossíntese, obtiveram evidências de que o processo fotossintético é beneficiado com temperatura até 35 °C, não havendo diferenças marcantes entre as diferentes cultivares de café arábica estudadas.

Essas pesquisas e afirmações foram baseadas em radiações solares incidentes na copa dos cafeeiros, porque, em se tratando de radiação fotossinteticamente interceptada, o plantio adensado apresentou maior interceptação.

A razão de área foliar, por sua vez, pode ser desmembrada em dois componentes: área foliar específica (AFE) e razão de peso da folha (RPF). Desta forma, a variação na RAF será uma função de alterações em um ou nos seus dois componentes.

Área foliar específica (AFE)

A área foliar específica (AFE) é o componente morfológico e anatômico da RAF, porque relaciona a superfície com o peso de matéria seca da própria folha. A superfície é o componente morfológico e o peso é um componente anatômico, pois está relacionado à composição interna (número ou tamanho das células do mesófilo foliar). De tal forma que, se considerar o peso como uma expressão do volume foliar, o inverso da AFE indica a espessura da folha ($M_{\text{folha}}/\text{Área foliar}$) que é chamado de peso específico foliar (PEF).

Na Figura 16 estão apresentados os valores de AFE para a planta de *Coffea arabica* L cv. Acaiá, 474/19. Verificaram-se oscilações na AFE que não foram observadas na RAF. Estas oscilações resultaram das taxas de crescimento das folhas

individuais. Estas associações de crescimentos são complexas e difíceis de serem interpretadas. Dentro do período analisado, a matéria seca total aumentou mais que a área foliar, fazendo com que a RAF tomasse um sentido linear decrescente. No caso da AFE, a área foliar aumentou mais que a matéria seca das folhas tomando um sentido ascendente em um modelo linear para o plantio adensado e logarítmico para o plantio convencional (Figura 16).

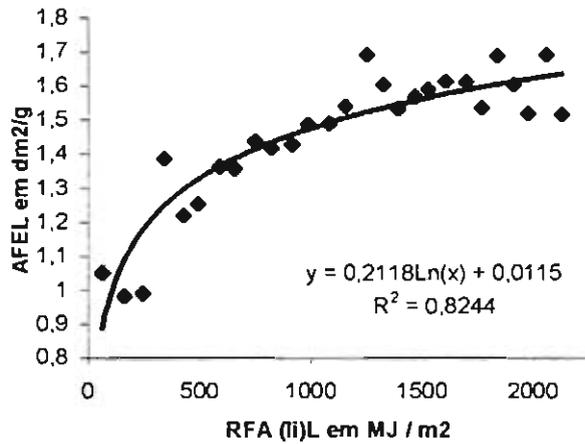
Área foliar específica e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A área foliar específica teve um comportamento logarítmico no plantio convencional e linear no plantio adensado quando relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa, com a soma térmica e com o déficit de saturação de vapor (Figura 16).

Na Tabela 17 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou a área foliar específica (AFE) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F, significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

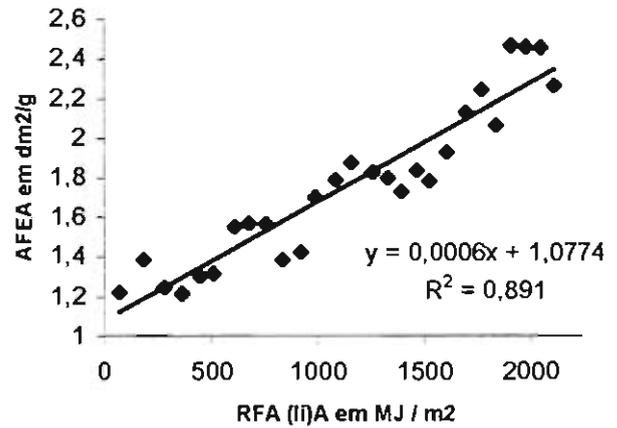
Em Viçosa, a expansão foliar apresentou-se sigmoideal, mas a taxa de crescimento e a área foliar dependeram da época em que a expansão foi verificada. Assim folhas que apareceram em outubro atingiram uma média de 55 cm², com uma taxa média de crescimento de 9,2 cm² por semana, em janeiro 27 cm² e 4,5 cm² por semana, e em julho 9 cm² e 0,9 cm² por semana. A irrigação não modificou esse comportamento. Esse efeito foi atribuído ao fotoperíodo, temperaturas elevadas e fortes radiações solares (RENA & MAESTRI, 1985).

Em Israel, encontrou-se que a radiação solar e a temperatura são as principais variáveis meteorológicas que controlam a expansão foliar. As folhas menores apareceram no início ou no final do período de crescimento (maio-novembro), e as maiores em junho e julho. Periodicidade sazonal de crescimento das folhas foi registrada, também, no sul da Índia e na Tanzânia (RENA & MAESTRI, 1985).

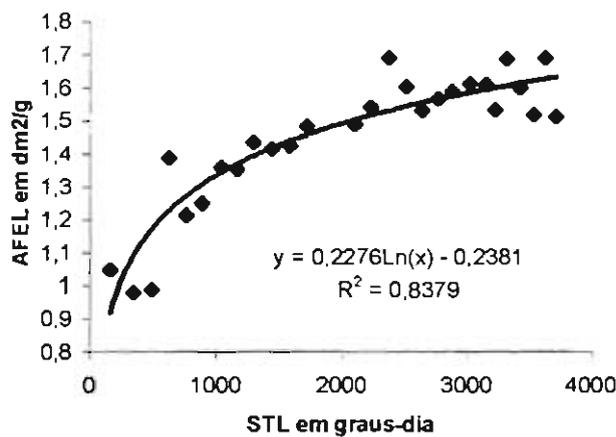
O sombreamento induz aumento na área foliar, mas é sabido que ele,



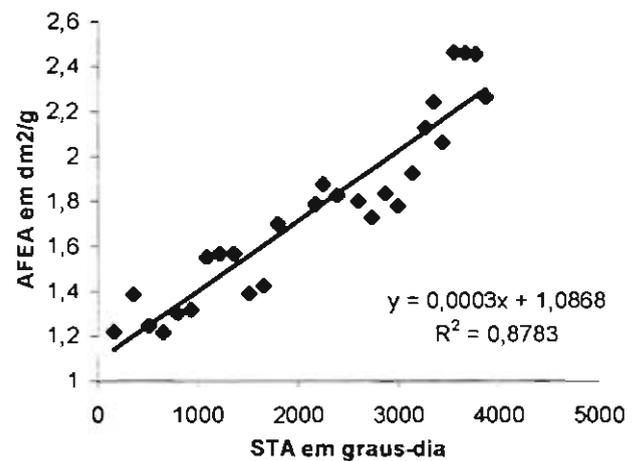
[a]



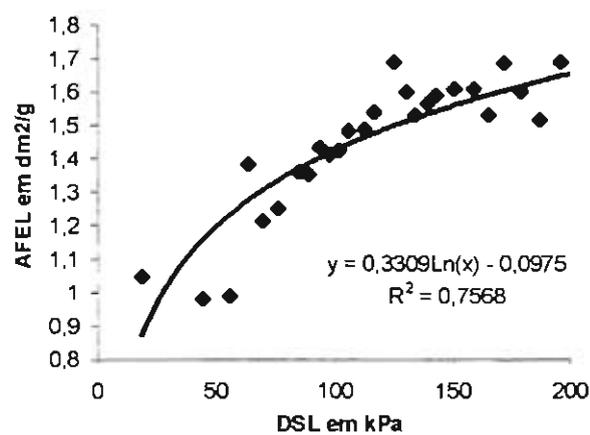
[b]



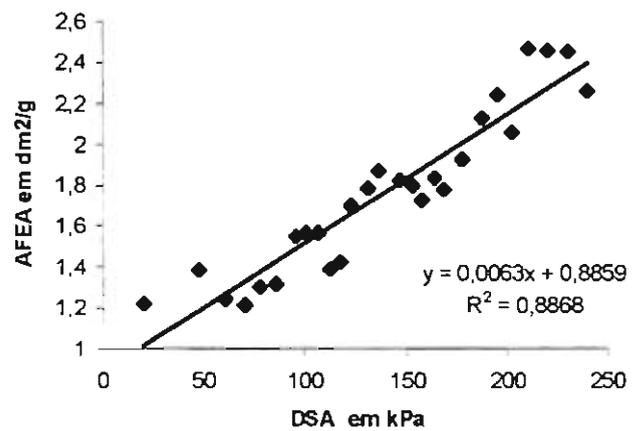
[c]



[d]



[e]



[f]

Figura 16 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a área foliar específica (AFE), em dm^2/g , da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ/m^2 , (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa , nos plantios convencional (L) e adensado (A).

Tabela 17 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como área foliar específica (AFE) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19, nos plantios convencional (AFEL) e adensado (AFEA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado[RFA(liA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,8585 0,0075	114,56**	AFEL = 1,0115 + 0,2118 Ln**(liL)	0,8209
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3,5674 0,0174	204,84**	AFEA = 1,0774 + 0,0006**(liA)	0,8910
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,8364 0,0068	129,27**	AFEL = - 0,2381+0,22760**Ln (STL)	0,8379
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3,5157 0,0195	180,45**	AFEA = 1,0868 + 0,0003**(STA)	0,8783
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,7916 0,0102	77,81**	AFEL = - 0,0975+0,3309**Ln (DSL)	0,7568
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3,5498 0,0181	195,92**	AFEA = 0,8859 + 0,0063**(DSA)	0,8868

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

além de reduzir a radiação solar incidente, altera, também, a temperatura, a umidade relativa do ar e a umidade do solo. A temperatura é mais importante que a luz no controle do crescimento da folha, pois estudos sob condições controladas mostrou que o melhor crescimento se deu com temperaturas dia/noite de 24 °C/20 °C e a intensidade de luz não teve efeito (RENA & MAESTRI, 1985).

Razão de peso foliar (RPF)

Esta componente da razão de área foliar é, basicamente, fisiológica já que é a razão entre o peso de matéria seca retida nas folhas e o peso de matéria seca acumulada na planta toda (no caso só foi considerada a parte aérea das plantas menos o caule principal).

Considerando-se que as folhas são os centros de produção de matéria seca (fotossíntese) e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a RPF expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta. A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob a influência de variáveis ambientais.

A razão de peso seco de folha para os dois sistemas de plantio, durante o período estudado, é apresentado na Tabela 18. A contribuição da RPF na expressão da RAF é quantitativamente inferior à contribuição da AFE. A variação da RPF mostra que, como ocorreu com a RAF e a AFE, há um decréscimo ao longo do período estudado e que nas condições de baixa radiação, os valores foram superiores. Isto significa que, a medida que a planta cresce, menor é a fração de material retido na folha, ou seja, a exportação, é maior. As condições de alta radiação, além de produzir folhas maiores promoveu exportação mais eficiente do material produzido nas folhas para o resto da planta. Baixa radiação solar promoveu RAF mais elevada, resultante de AFE e RPF também mais elevadas.

Razão de peso foliar e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A razão de peso foliar teve um comportamento exponencial no plantio convencional e

linear no plantio adensado quando relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de pressão de vapor (Figura 17).

Na Tabela 18 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se confrontou a razão de peso foliar (RPF) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST) e com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando-se modelos que apresentassem os maiores valores F , significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

AKUNDA et al. (1979) estudaram algumas variações morfológicas e bioquímicas sofridas pelas folhas de cafeeiro cultivados nas densidades de 1.100 a 6.700 plantas/ha, em Ruiru, no Quênia. Eles observaram pequena concentração de cera epicuticular, associada à maior colheita da energia luminosa e à maior atividade fotossintética. As folhas mais velhas, que se encontravam em posição mais horizontal, tinha maior teor de cera epicuticular, proporcionando maior capacidade de reflexão da luz, o que representou uma característica adaptativa benéfica, pois evita a subida excessiva da temperatura foliar e/ou a fotooxidação das moléculas de clorofila. Em consequência disto, observaram menor desenvolvimento cuticular nas folhas dos plantios adensados, uma indicação do aumento da eficiência na utilização da energia luminosa nesses sistemas. A área foliar aumentou com o incremento da densidade de plantio, mas o peso e o volume foliares e a densidade e a matéria seca diminuíram. Como resultados, tem-se que o sistema adensado de plantio possui um sistema fotossintetizante mais eficaz.

Razão de peso de frutos(RPFr)

Esta componente é a matéria seca acumulada nos frutos desde a início da sua formação até a secagem na própria planta. A RPFr é a razão entre o peso de matéria seca retida nos frutos e o peso de matéria seca acumulada na planta toda (no caso só foi considerada a parte aérea das plantas menos a haste ortotrópica primária).

Os frutos são drenos da produção de matéria seca pelas folhas (fotossíntese). A

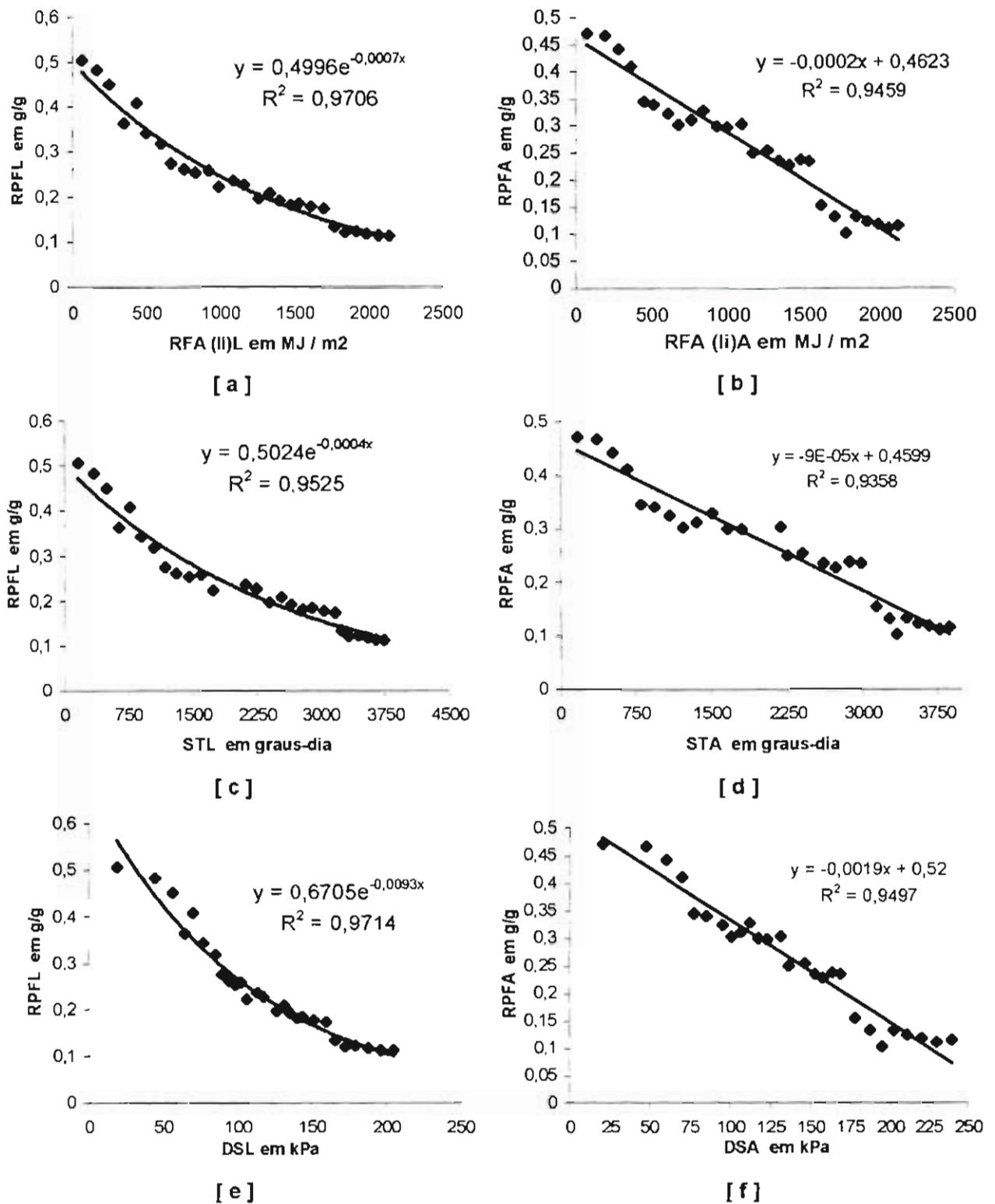


Figura 17 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a razão de peso foliar(RPF)(g/g) da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada[RFA(li), em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional (L) e adensado(A).

Tabela 18 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como razão de peso foliar (RPF) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acalá, 474/19, nos plantios convencional(RPFL) e adensado(RPFA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(IIL)] e adensado [RFA(IIA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL) e adensado (DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9861 0,0012	804,72**	RPFL = 0,4990 . e ^{-0,0007** (IIL)}	0,9706
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,3106 0,0007	425,72**	RPFA = 0,4623 - 0,0002**(IIA)	0,9445
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9684 0,0019	500,88**	RPFL = 0,50240 . e ^{-0,0004** (STL)}	0,9525
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,3077 0,0008	364,52**	RPFA = 0,45990 - 0,00009**(STA)	0,9358
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9877 0,0012	849,60**	RPFL = 0,67050 . e ^{-0,0093** (DSL)}	0,9714
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	0,3122 0,0007	471,61**	RPFA = 0,51998 - 0,00188**(DSA)	0,9497

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

RPFr expressa a fração de matéria seca importada das folhas. A maior ou menor importação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob a influência de variáveis ambientais.

A razão de peso seco de frutos para os dois sistemas de plantio durante o período estudado é apresentado na Figura 18. À medida que o fruto cresce, maior é a fração de material armazenado por ele. As condições de alta radiação, além de produzir folhas maiores promoveu exportação mais eficiente do material produzido nas folhas para os frutos. Em outubro, a RPFr foi de 0,04 g/g no plantio convencional (L) e 0,03 g/g no plantio adensado (A). À medida que o fruto foi crescendo e aumentando o seu potencial de dreno a RPFr foi aumentando até atingir o máximo que foi de 0,80 g/g, no plantio convencional e de 0,63 g/g no plantio adensado. Esta fase aconteceu em maio quando ocorreu a maturação fisiológica dos frutos, confirmando a influência da radiação solar na RPFr. Após esta fase, os frutos começaram a secar. E a razão de peso dos frutos no momento em que eles começaram a se desprender da planta, foi de 0,74 g/g no plantio convencional e de 0,56 g/g no plantio adensado.

Razão do peso de frutos e sua correlação com as variáveis meteorológicas.

A razão do peso dos frutos teve um comportamento quadrático, tanto no plantio convencional como no adensado, quando relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de pressão de vapor (Figura 18).

Na Tabela 19 encontra-se um resumo da análise de variância das regressões obtidas quando se relacionou a razão do peso dos frutos (RPFr) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], com a soma térmica (ST), com o déficit de pressão de vapor (DS), encontrando modelos que apresentassem os maiores valores F , significativos ao nível de 1 % de probabilidade, tanto no plantio convencional (L) como no plantio adensado (A).

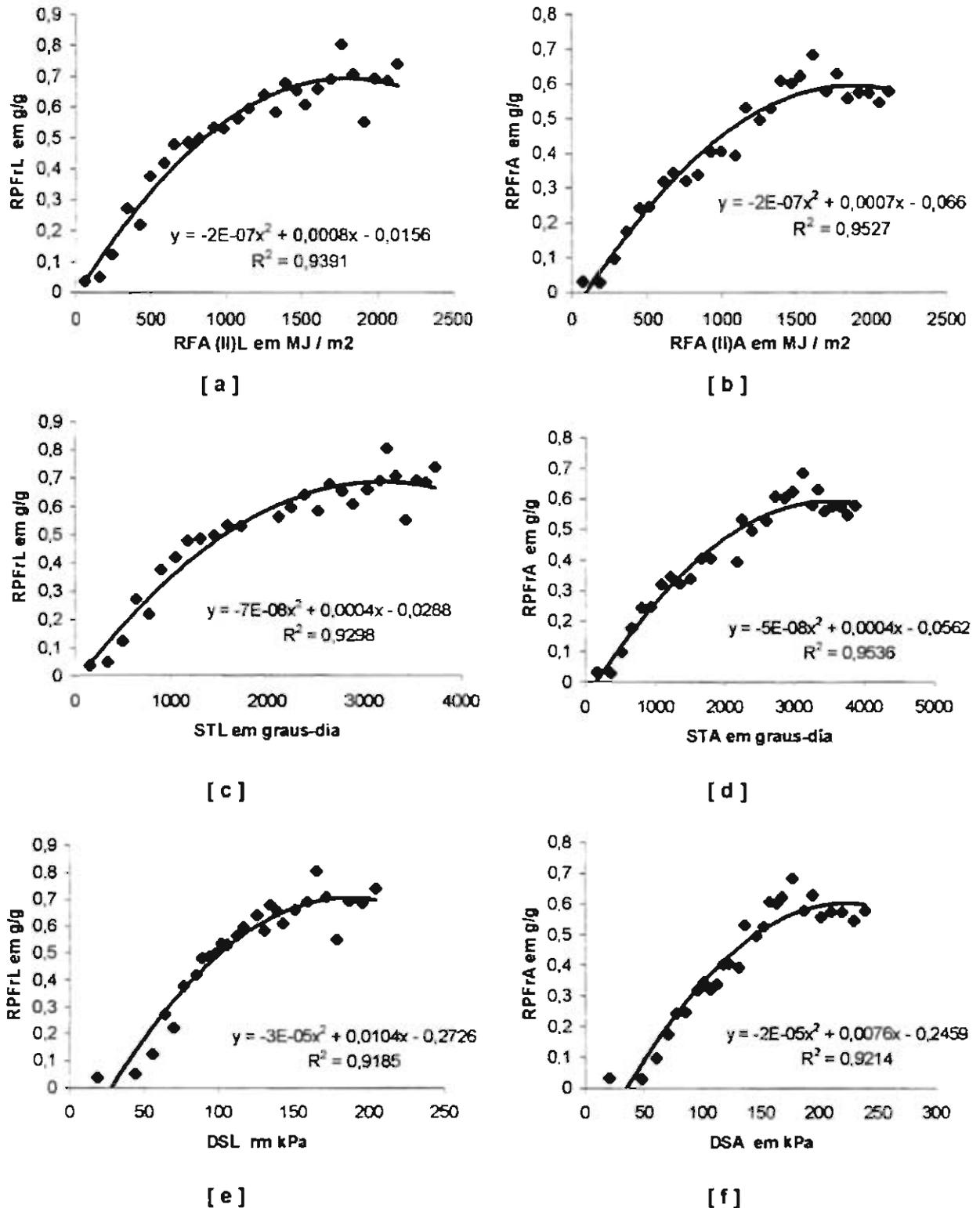


Figura 18 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a razão de peso dos frutos (RPFr) (g/g) da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA(li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST), em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional (L) e adensado(A).

Tabela 19 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como razão de peso de frutos (RPFr) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaíá. 474/19 nos plantios convencional (RPFrL) e adensado (RPFrA) e as variáveis meteorológicas: radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(liL)] e adensado[RFA(liA)], soma térmica no interior dos plantios convencional(STL) e adensado (STA), déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional (DSL), adensado (DSA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO Teste T	R ²
RFA(liL)	Largo	Regressão Resíduo	2 24	0,5380 0,0030	178,54**	$RPFrL = -0,0156 + 0,0008^{**}(liL) - 2 \times 10^{-7^{**}}(liL)^2$	0,9391
RFA(liA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	0,4515 0,0018	244,88**	$RPFrA = -0,0660 + 0,0007^{**}(liA) - 2 \times 10^{-7^{**}}(liA)^2$	0,9527
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	0,5338 0,0034	158,82**	$RPFrL = -0,0288 + 0,00045^{**}(STL) - 7 \times 10^{-8^{**}}(STL)^2$	0,9298
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	0,4516 0,0018	246,86**	$RPFrA = -0,0562 + 0,0004^{**}(STA) - 5 \times 10^{-8^{**}}(STA)^2$	0,9536
D.S.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	0,5273 0,0039	135,17**	$RPFrL = -0,2726 + 0,0104^{**}(DSL) - 2,8 \times 10^{-5^{**}}(DSL)^2$	0,9185
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	0,4364 0,0031	140,73**	$RPFrA = -0,2459 + 0,0076^{**}(DSA) - 1,7 \times 10^{-5^{**}}(DSL)^2$	0,9214

Obs.:** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

Distribuição de matéria seca (DMS)

Este parâmetro permite inferir outro processo fisiológico pouco estudado que é a translocação orgânica. Em muitos casos, a análise deste parâmetro facilita a compreensão do comportamento vegetal em termos de produtividade.

A distribuição de matéria seca nos diferentes órgãos ou regiões de interesse foi calculado em porcentagem de matéria seca de cada órgão em relação à matéria seca total (no caso utilizou-se apenas a parte aérea: folhas, frutos e ramos, menos o caule da haste ortotrópica primária).

Pode-se verificar, através da Figura 19 que há uma competição acentuada entre folhas, frutos e ramos sob influência das variáveis meteorológicas. Com o início do florescimento, as folhas começaram a perder material, acentuando quando começa no fruto o endurecimento do endosperma e formação da semente, sendo mais rápida em condições do plantio convencional, onde a radiação solar foi mais alta. A distribuição de matéria seca nos frutos e nos ramos teve um comportamento quadrático, tanto no plantio convencional como no plantio adensado. Já nas folhas houve uma alteração de um sistema de plantio para outro, sendo que no plantio convencional, a distribuição da matéria seca teve uma tendência exponencial e no plantio adensado a tendência foi linear.

Em outubro, no início do experimento, a distribuição da matéria seca no cafeeiro (considerando apenas folha, ramos e frutos) foi de 50,4 e 47,0 % nas folhas, 45,8 e 49,7% nos ramos, 3,8 e 3,3% nos frutos, nos plantios convencional e adensado, respectivamente. A medida que os frutos ganhavam matéria seca, a porcentagem dela nas folhas e nos ramos diminuía. Com 60 dias, em dezembro, os frutos já apresentaram, praticamente, a mesma participação no total da matéria seca, ou seja, 34,2 % nas folhas, 30,2 % nos ramos e 35,6 % nos frutos, no plantio convencional. No plantio adensado esta situação ocorreu aos 90 dias, em janeiro, quando as folhas apresentaram 31,0%, os ramos 35,8% e os frutos 33,2% da matéria seca total. No início de maio, com 220 dias, quando os frutos atingiram a maturação fisiológica, eles estavam com 70,8 e 65,0%, as folhas com 13,3 e 11,1% e os ramos com 15,9% e 24,9% da matéria seca total, nos plantios convencional e adensado, respectivamente.

A distribuição média da matéria seca foi de 24,6 e 26,1% nas folhas, 51,1 e 42,1% nos frutos e 24,3 e 31,8% nos ramos, nos plantios convencional e adensado, respectivamente.

Distribuição de matéria seca e sua correlação com as variáveis meteorológicas. A distribuição de matéria seca teve um comportamento quadrático, em relação aos frutos e ramos, tanto no plantio convencional como no adensado, quando relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, com a soma térmica e com o déficit de pressão de vapor. Ao considerar as folhas, essa relação foi exponencial no plantio convencional e linear no plantio adensado, quando as mesmas variáveis climáticas foram utilizadas (Figura 19).

Nas Tabelas 20, 21 e 22 encontram-se os resumos das análises de variância e as equações das regressões obtidas quando se relacionaram a distribuição de matéria seca no plantio convencional (DMSL) e a distribuição de matéria seca no plantio adensado (DMDA) com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada no plantio convencional (IiL), com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada no plantio adensado (IiA), com a soma térmica no plantio convencional (STL), com a soma térmica no plantio adensado (STA), com o déficit de pressão de vapor no plantio convencional (DSL), com o déficit de pressão de vapor no plantio adensado (DSA), respectivamente, encontrando-se modelos que apresentaram os maiores valores F , significativos ao nível de 1 % de probabilidade.

Segundo BENINCASA (1988), existe uma maior competição entre folhas e ramos sob alta radiação solar, que no caso seria o plantio convencional. Acontece que a maior radiação interceptada ocorreu no plantio adensado. Logo, a maior competição entre ramos, folhas ocorreu com menor radiação fotossinteticamente ativa interceptada, menor soma térmica e menor déficit de pressão de vapor, condições do plantio convencional. Mas, quando ramos, folhas e frutos foram comparados, o plantio adensado apresentou maior competição entre as partes, ou seja, houve uma maior competição com a maior radiação fotossinteticamente ativa, com a maior soma térmica e com o maior déficit de pressão de vapor.

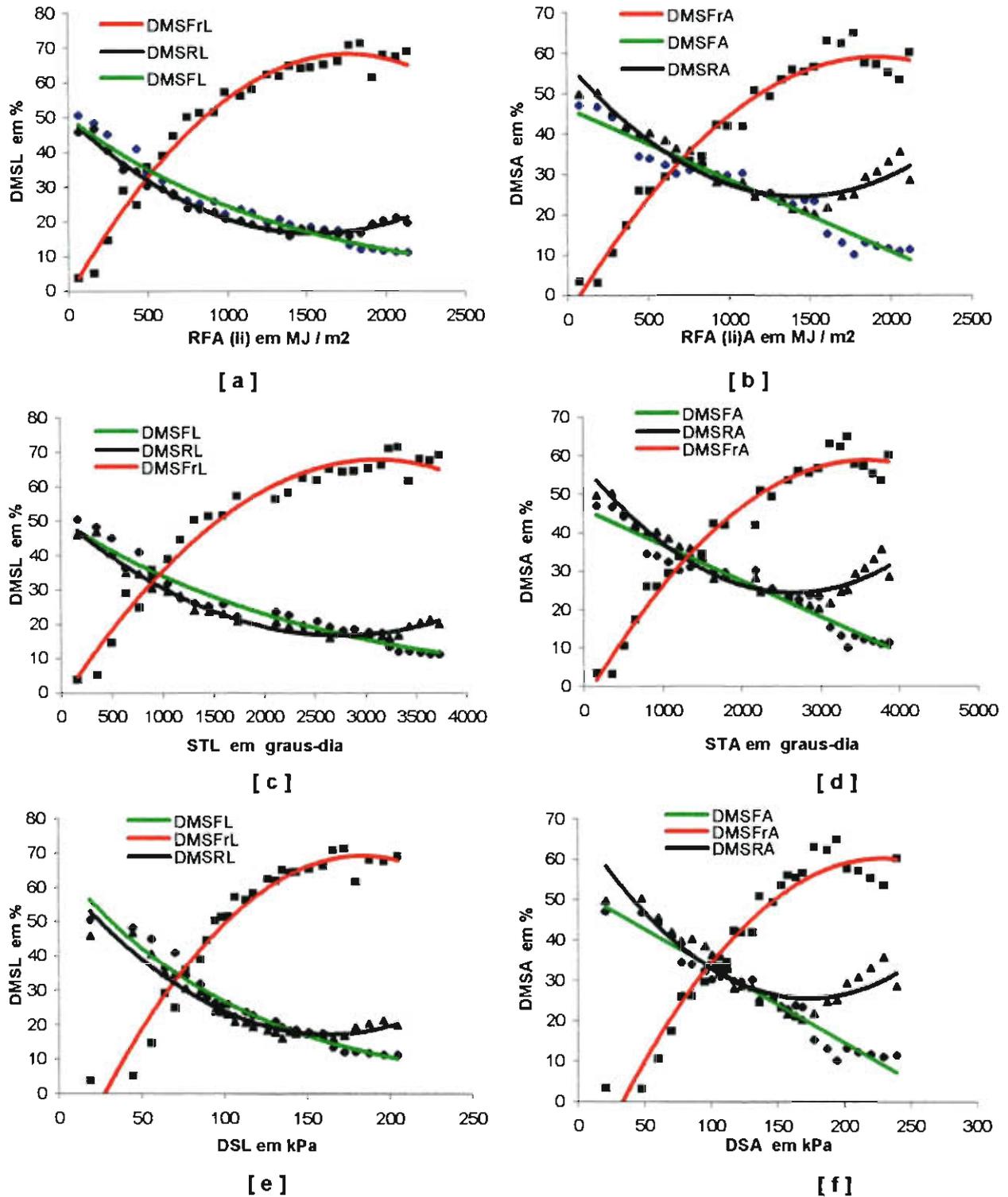


Figura 19 (a-b-c-d-e-f) - Relação entre a distribuição de matéria seca nas folhas(DMSF), nos frutos (DMSFr) e nos ramos (DMSR), em %, da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e: (a-b) radiação fotossinteticamente ativa interceptada [RFA (li)], em MJ m⁻², (c-d) soma térmica (ST) em graus-dia, (e-f) déficit de pressão de vapor (DS), em kPa, nos plantios convencional(L) e adensado(A).

Tabela 20 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como distribuição de matéria seca nas folhas nos plantios convencional(DMSFL) e adensado (DMSFA), nos frutos nos plantios convencional (DMSFrL) e adensado (DMSFrA), nos ramos nos plantios convencional(DMSRL) e adensado(DMSRA) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acalá, 474/19 e radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos plantios convencional[RFA(IIL)] e adensado [RFA(IIA)].
Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9861 0,0012	804,72**	DMSFL = 49,9620 . e ^{-0,0007** (IIL)}	0,9706
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	2 24	5065,04 11,3400	446,76**	DMSFrL = -1,0619 + 0,0786**(IIL) - 2 x 10 ^{-5**} (IIL) ²	0,9757
RFA(IIL)	Largo	Regressão Resíduo	2 24	1042,5220 1,7456	596,66**	DMSRL = 49,7880 - 0,0428**(IIL) + 10 ^{-5**} (IIL) ²	0,9825
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3105,460 7,2946	425,72**	DMSFA = 46,2320 - 0,0176**(IIA)	0,9459
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	4288,035 10,773	398,04**	DMSFrA = - 5,0240 + 0,0669**(IIA) - 2 x 10 ^{-5**} (IIA) ²	0,9704
RFA(IIA)	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	888,677 7,859	113,07**	DMSRA = 57,5750 - 0,0461**(IIA) + 2 x 10 ^{-5**} (IIA) ²	0,9042

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T

Tabela 21 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como distribuição de matéria seca nas folhas nos plantios convencional(DMSFL) e adensado (DMSFA), nos frutos nos plantios convencional(DMSFrL) e adensado (DMSFrA), nos ramos nos plantios convencional(DMSRL) e adensado(DMSRA) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acalá, 474/19 e as somas térmicas nos plantios convencional (STL) e adensado(STA). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e teste T	R ²
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9684 0,0019	500,88**	DMSFL = 50,2380 . e ^{-0,0004** (STL)}	0,9525
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	5024,0950 14,7596	340,63**	DMSFr = - 2,4563 + 0,0449**(STL) - 0,000007**(STL) ²	0,9660
S.T.L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	1037,1410 2,0879	496,86**	DMSRL = 50,7914 - 0,02484**(STL) + 0,000005**(STL) ²	0,9764
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3076,8080 8,4406	364,52**	DMSFA = 45,9896 - 0,00927**(STA)	0,9358
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	4279,07 11,5200	371,46**	DMSFrA = - 4,0989 + 0,0350**(STL) - 0,000005**(STL) ²	0,9687
S.T.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	891,004 7,6654	116,24**	DMSRA = 57,6830 - 0,02516**(STA) + 0,000005**(STA) ²	0,9064

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância das regressões obtidas para as análises de crescimento, como distribuição de matéria seca nas folhas nos plantios convencional(DMSFL) e adensado(DMSFA), nos frutos nos plantio convencional(DMSFrL) e adensado (DMSFrA), nos ramos nos plantios convencional(DMSRL) e adensado(DMSRA) do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 e o déficit de pressão de vapor no interior dos plantios convencional(DSL) e adensado(DSA). Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	Sistema Plantio	Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	Teste F	EQUAÇÃO e Teste T	R ²
D. S. L.	Largo	Regressão Resíduo	1 25	0,9877 0,0012	849,60**	$DMSFL = 67,0460 \cdot e^{-0,0093^{**}(DSL)}$	0,9714
D. S. L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	4 950,312 20,8982	236,88**	$DMSFrL = - 26,6665 + 1,04465^{**}(DSL) - 0,00285^{**}(DSL)^2$	0,9518
D. S. L.	Largo	Regressão Resíduo	2 24	991,5236 5,9121	167,71**	$DMSRL = 63,1263 - 0,57042^{**}(DSL) + 0,00177^{**}(DSL)^2$	0,9332
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	1 25	3122,310 6,6206	471,61**	$DMSFA = 51,9980 - 0,18756^{**}(DSA)$	0,9497
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	4169,683 20,6355	202,06**	$DMSFrA = - 22,2348 + 0,72191^{**}(DSA) - 15,8194^{**}(DSA)^2$	0,9439
D.S.A.	Adensado	Regressão Resíduo	2 24	811,0697 14,32655	56,61**	$DMSRA = 67,8039 - 0,49096^{**}(DSA) + 0,00143^{**}(DSA)^2$	0,8251

Obs.: ** Significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelos testes F e T.

Conclusões

Para as condições em que foi desenvolvida a pesquisa, os resultados alcançados permitem as conclusões a seguir:

I - O plantio convencional apresentou, durante a condução do experimento, maior crescimento que o plantio adensado, nos seguintes componentes da planta do cafeeiro Acaiá, 474/19:

- a) altura da planta e diâmetro do coleto, com maiores diferenças no inverno;
- b) número de nós e número de folhas, com maiores diferenças no outono e no inverno;
- c) peso seco foliar, peso seco dos frutos e peso seco dos ramos, com maiores diferenças no verão;
- d) área foliar e número de ramos, com maiores diferenças no inverno e na primavera;

II - O plantio adensado apresentou, durante a condução do experimento, maior crescimento que o plantio convencional nos seguintes componentes da planta do cafeeiro Acaiá, 474/19:

- a) Umidade foliar, com maiores diferenças no verão;
- b) Índice de área foliar, com maiores diferenças no inverno, na primavera e no verão;
- c) Umidade dos frutos, durante todas as fases do crescimento do fruto o plantio adensado apresentou uma diferença constante em relação ao plantio convencional;

III - a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica e o déficit de pressão de vapor altos do sistema de plantio adensado proporcionaram,

- a) linearmente: menor crescimento na altura da planta, no diâmetro do coleto, no número de ramos e no número de nós por ramo;
- b) em função exponencial: menor crescimento do número de folhas, peso seco foliar, peso seco de ramos;

c) em função quadrática: menor área foliar, peso seco de frutos e maior índice de área foliar;

IV - a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, a soma térmica e o déficit de pressão de vapor mais altos no sistema de plantio adensado proporcionaram:

- a) maior razão de área foliar;
- b) maior área foliar específica;
- c) menor exportação de matéria seca das folhas para outros órgãos da planta;
- d) menor porcentagem de matéria seca nos frutos e maiores nas folhas e ramos, na distribuição de matéria seca na planta.

Referências

ALLEN, R.G; PEREIRA, L.S; RAIS, D. **Crop evaporation**. Boletim 56, Rome: FAO. 1998, 301 p.

ALVES, J.D.; CORDEIRO, A.T.; RENA, A.B. Saturação lumínica da fotossíntese de diversos germoplasmas de *Coffea arabica* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambu, **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC, 1985, p.133-134.

ARCILA-PURGARÍN, J.; CHAVES-CÓRDOBA, B. Desarrollo foliar del cafeto em tres densidade de siembra. **Cenicafé**, Caldas, v.46, n.1, p5-20, 1995.

AKUNDA, E.W.M.; IMBAMBA, S.K.; KUMAR, D. High density planting of coffee- III: adaptative charges in some plants characteristics. **East African Agricultural and Florestry Journal**. Nairóbi, v.45. n.2. p.133-139. 1979.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.21,s.n, p.268-276, 1974.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M; ,MOREIRA, R.C. Source assimilates for expanding flower buds of coffee. **Turrialba**, San José, v.32, n.4, p.371-377, 1982

BENINCASA, M.M.P. **Análise do crescimento de plantas** (noções básicas). Jaboticabal: Funep, 1988, 42p.

BERLATO, M.A. Exigências bioclimáticas e zoneamento agroclimático. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1981, p. 175-184.

BIERHUIZEN, J.F.; NUNES, M.A.; PLOEGMAN, C. Estudos sobre a produtividade do cafeeiro. I, Efeito da luz, temperatura e concentração de CO² na fotossíntese de *Coffea arabica* L. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v. 11-12 , p.15-25, 1971.

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

CASSIDY, D.M.S.;KUMAR, D. Root idtribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe (I): The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chimpinge. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, v.22, sn., 119-132, 1984.

CLOWES, M.S.J.; ALLISON, J.C.S. A review of the coffee plant (*Coffee arabica* L): its environment and management in relation to coffee growing in Zimbabwe. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, Cawseway, v.20, p.1-19, 1982.

EVANS, G.C. **The quantitative analysis of plant growth**. Blackweel Scientific Publications, Londres, 1972 , 734p.

FARIA, R.T. de; CARAMORI, P.H.; SIQUEIRA, R. Simulação do crescimento vertical do cafeeiro. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, E III REUNIÃO LATINO-AMERICANO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, 2001. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001, p.545-546.

FOALE, M.A.; WILSON, G.L.; COATES, D.B.; HAYDOCK, K.P. Growth and productivity of irrigated *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in Northern Australia. II. Low solar altitude as a possible seasonal constraint to productivity in the tropical dry season. **Aust. J. Agric. Res.**, v.35, p.229-238, 1984.

FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. **Bragantia**, Campinas, v.6, s.n, p.247-257, 1950.

JARAMILLO-ROBLEDO, A. **Balanco de radiação solar em *Coffea arabica* L. variedade Catuaí e Bourbon amarelo.** Piracicaba, ESALQ, 1979, 68 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, 1979.

JARAMILLO-ROBLEDO, A. Aspectos microclimáticos em plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) com alta densidad de siembra. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **ANAIS...** Londrina/IAPAR, 1994, p. 47-69.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; GUZMÁN-MARTÍNEZ, O. Relación entre la temperatura y el crecimiento em *Coffea arabica* L. variedade Caturra. **Cenicafé**, Caldas, v.35, n.3, p.57-65, 1984.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Los elementos climaticos y el desarrollo de *coffea arabica* L., Chinchina, Colombia. **Cenicafé**, Caldas, v.31, n.4, p.127-143, 1980.

KUMAR, D. Investigation into some physiological aspects of high density planting of coffee (*Coffea arabica* L.). **Kenya coffee**, Kenya, v.11, n.12, p. 15-25, 1978

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *coffea arabica* L.: a review. **Kenia Coffee**, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.

MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Coffee - In: AVIM, P. de T.; KOZLOWISKI, T. F., eds **Ecophysiology of tropical crops**. New York, Academic Press, 1977, p. 249-278.

MELGES, E; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da energia solar em soja sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.9, p.1065-1072, 1989.

NACIF, A. de P. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí sob diferentes densidade de plantio e doses de fertilizante, no cerrado de Patrocínio-MG**. Viçosa, UFV, 1997, 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

NJOROGE, J.M.; WAITHAKA, K.; CHWEYA, J.A. The influence of tree training and plant density on growth, yield components and yield of arabica coffee cv. Ruiru 11. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v.67, n.5, p.695-702, 1992.

PENMAN, H.L. Weather and crops. Q.J.R. **Met. Society**, v.88, p.209-219, 1962.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986, p.13-85.

RENA, A.B. et al. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agronômicos. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.61-70, 1998 .

VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relación entre el índice de área foliar y a productividad del cafeto. **Cenicafé**, Caldas, v.24,n.4, p.79-89,1973.

CAPÍTULO 4 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA PLANTAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, linhagem 474/19, EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO.

RESUMO - Em uma área de café, cultivar Acaiá, 474/19, com plantio em diversos espaçamentos sob pivô central, localizada na Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, foram realizados balanços hídricos de campo, para a avaliação das disponibilidades hídricas em dois espaçamentos de plantio: convencional(4,0 x 1,0 m ou 2.500 pl./ha) e adensado (1,0 x 0,5 m ou 20.000pl./ha). Os objetivos do trabalho foram de avaliar os componentes do balanço hídrico e comparar a umidade do solo sob a projeção da copa do cafeeiro Acaiá, 474/19, em dois sistemas de plantio. Para a determinação dos componentes do balanço hídrico, o armazenamento da água no solo foi estimado a partir de perfis sucessivos de umidade do solo. A drenagem profunda mais o escoamento superficial foram estimados como sendo toda água de chuva mais a irrigação que ultrapassou a capacidade de campo dos solos analisados. A evapotranspiração real (consumo de água), definida através do balanço hídrico de campo, foi relacionada com a evapotranspiração de referência, estimada através da equação de Penman-Monteith. A evapotranspiração máxima foi estimada utilizando-se o produto do coeficiente da cultura e a evapotranspiração de referência, sendo que o coeficiente da cultura foi estimado pela razão entre a área da projeção da copa e 80% da área do espaçamento do cafeeiro. A evapotranspiração no plantio adensado foi maior que no plantio convencional, 1662,9 mm e 1379,9 mm, respectivamente. Na primavera, com a intensa emissão de folhas e expansão foliar, a evapotranspiração real foi maior que nos outros períodos, sendo que no último, no outono, ela foi menor. O plantio adensado apresentou maior perda d'água por evapotranspiração, enquanto que o plantio convencional por drenagem mais escoamento superficial. No final, o plantio adensado teve um secamento médio de 2,1 mm, e o plantio convencional de 0,39 mm..

Palavras-chave - Armazenamento de água, balanço hídrico, drenagem profunda, escoamento superficial, evapotranspiração.

WATER AVAILABILITY TO PLANT OF THE COFFEE TREE (*Coffea arabica* L.) cv. Acaiá, Linhagem 474/19, IN TWO PLANTING SYSTEMS.

ABSTRACT - In a coffee tree area, cv. Acaiá, 474/19, with planting in different spacing under central pivot, located in the Farm School of University of Uberba(MG), water balance of field, in the evaluation water availability in two planting systems: high density planting (1.0 x 0.5 m) and low density planting (4.0 x 1.0 m). The objective of this research was to evaluate the components of the water balance and to compare the soil moisture under of the projection on the tree top coffee in two planting systems. In the determination of the components of the water balance, the storage of the water in soil was calculated from successive profiles on soil moisture. The deep draining and superficial draining had been estimated as being all water of rain and irrigation that exceeded the capacity of field of analyzed soil. The real evapotranspiration (ETR), defined through the water balance, it was related with the evapotranspiration of reference (ET_o), calculated through the equation of Penman-Monteith. The maximum evapotranspiration(ET_m) was calculated using product of the crop coefficient and the ET_o. The crop coefficient was calculated by the reason enter the area of the projection on the tree top and 80 % of the area of the spacing of coffee tree. The ETR in the system high density planting was greater than in the low density planting, 1662.9 mm and 1379.9 mm, respectively. In the spring with increase of leaf and its expansion, the ETR was greater than other periods, being that in the last one, on the autumn, it was lesser. The high density planting presented greater loss of water for evapotranspiration, while that the low density planting for deep draining and superficial draining. The high density planting had a bigger dryness than the low planting, 2.1 mm and 0.36 mm, respectively.

Keywords - Water storage, water balance, deep draining, superficial draining, evapotranspiration.

Introdução

Qualquer projeto e operação que visem a máxima produção e boa qualidade do café, usando de maneira eficiente a água, requer conhecimento da interação solo-água-clima-planta.

A água no solo está sempre submetida a processos dinâmicos e para melhor caracterizar o tipo de manejo a ela imposto, ou a uma cultura, faz-se necessário quantificar os parâmetros do solo, da planta e do clima que afetam esses processos. A magnitude das resistências ao movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera, varia em função do tipo de solo, da demanda evaporativa da atmosfera e das características da vegetação e é fator essencial aos estudos de fisiologia vegetal, irrigação e agrometeorologia, entre outros, ou mesmo para análise da produtividade vegetal (BRUNINI, 1987).

O consumo de água por cafeeiros, normalmente, se refere a toda água perdida através da planta (transpiração e gutação) e da superfície do solo, mais a água retida nos tecidos vegetais. A quantidade de água retida nos tecidos vegetais é alta mas, mesmo assim, é geralmente menor que 1% do total evaporado. Por isto, o consumo das plantas, normalmente, se refere apenas à água perdida pela transpiração e pela evaporação.

A evapotranspiração pode ser dividida em dois componentes principais:

a) água que é evaporada diretamente da superfície do solo; b) água que vai para a atmosfera, através da planta, principalmente por transpiração do vegetal e evaporação d'água depositada, pela irrigação, chuva ou orvalho, na superfície das folhas (SALASSIER, 1987; PEREIRA et al., 1997).

A condição hídrica constitui, certamente, fator essencial para a definição da aptidão de uma região para a exploração da cafeicultura. A ocorrência de deficiências hídricas elevadas no solo pode tornar uma região imprópria para a cafeicultura ou para determinados sistemas de plantio.

Para prover as disponibilidades hídricas no solo é necessário determinar o balanço hídrico, que é um sistema contábil de monitoramento da água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação de massa para a água num volume de solo

vegetado. A variação do armazenamento (ΔA), num intervalo de tempo, representa o balanço entre as entradas e saídas de água do volume de controle. Basicamente, são seis as entradas de água: chuva, orvalho, escoamento lateral, escoamento superficial, drenagem lateral, ascensão capilar e irrigação. As saídas são quatro: evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda (PEREIRA et al. 1997). Considerou-se neste trabalho, como fontes de entrada de água a chuva e a irrigação, e como saída a evapotranspiração, a drenagem profunda e o escoamento superficial.

A chuva e a irrigação mantêm o armazenamento em nível adequado às necessidades das plantas. O escoamento superficial e a drenagem profunda são saídas de água, expressando o excesso de água que não penetrou no solo e que penetrou mas não conseguiu ser fixada dentro de determinado perfil considerado, respectivamente.

O volume de controle é determinado pelo conjunto solo-planta-clima. Se o solo for profundo e a demanda atmosférica for alta, as raízes aprofundam mais. Se a demanda for baixa, um menor volume será suficiente.

Uma vez definida a profundidade das raízes (perfil do solo considerado) tem-se o volume de controle. E através de curvas características do solo determina-se a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente e, conseqüentemente, a capacidade de água disponível para a planta.

O cafeeiro arábica apresenta quatro fases fenológicas distintas no curso do ano, granação e abotoação, maturação e abotoação, dormência, florescimento e expansão. Ele realiza dois processos concorrentes em cada ano: frutifica no segmento do ramo formado no ramo anterior e dá formação a novo ramo, para a frutificação no ano seguinte (CAMARGO, 1987).

Os efeitos dos déficit hídricos nos cafeeiros são: a) 1ª fase, fase chumbinho - de outubro a dezembro - fase crítica, deficiência hídrica nessa fase atrasa o crescimento dos frutos, podendo resultar em peneira baixa; b) 2ª fase, fase da granação - de janeiro a março - fase crítica, a deficiência hídrica afeta a granação do fruto, aumentando o chochamento e reduzindo a produtividade; c) 3ª fase, fase da maturação e abotoação - de abril a junho - fase crítica, a deficiência hídrica não mais afeta a maturação dos

frutos, mas afeta a abotoação e a frutificação do ano seguinte. d) 4ª fase, fase da dormência - de julho a setembro - Fase não crítica, a deficiência hídrica nesta fase pode ser até benéfica. Condiciona um florescimento abundante após chuvas ou regas, no final da fase (CAMARGO 1985; CAMARGO, 1987; CAMARGO et al., 1992; DRINNAN & MENZEL 1994; CORTEZ, 1997 CAMARGO & CAMARGO 2001).

Plantas que sofrem alguma restrição hídrica, especialmente na fase vegetativa de crescimento, apresentam-se com menor porte e área foliar do que as bem irrigadas. Enrolamento, movimento de folhas e mudanças no aspecto e coloração das folhas, estão ligados à perda de turgescência e diminuição no potencial da água nos tecidos. Com o fechamento parcial ou total dos estômatos e com a conseqüente diminuição na transpiração, a energia que promovia essa evaporação da água passa a ser usada, principalmente, para aquecer a folha. Portanto, através da temperatura foliar poder-se-á conhecer o comportamento da transpiração (ARRUDA, 1987). Através da planta pode-se monitorar uma irrigação, como: movimento e enrolamento foliar, coloração, temperatura foliar, abertura estomática, teor de umidade da folha e potencial da água na folha.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar os componentes do balanço hídrico e comparar a dinâmica da umidade do solo sob a projeção da copa do cafeeiro Acaia, 474/19, em dois sistemas de plantio

Material e Métodos

Descrição da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, município de Uberaba(MG), em uma área com 6 % de declividade, com uma plantação de cafeeiros *Coffea arabica* L cv. Acaia, 474/19, plantados sob pivô central, em fevereiro de 1999 e em vários espaçamentos. O experimento estava localizado entre as seguintes coordenadas: longitude 48° 01' 35,7"W e 48° 01' 40,4"W; latitude 19° 30' 59"S

e 19° 31' 02,3" S; altitude 834m e 849 m. Essas coordenadas geográficas foram levantadas através de GPS (Brunton®).

Na Figura 1 encontram-se as curvas características dos solos em cada sistema de plantio e nas profundidades de 20 e 40cm. As análises química, física e granulométrica do solo, apresentaram resultados conforme Tabelas 1, 2. e 3.

As análises química, física e ganulométrica e as curvas características foram determinadas pelo laboratório de análise de solo e planta do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

As normais climatológicas de Uberaba (médias de 1961-1990) são: pressão atmosférica de 931,3 hPa; temperatura média anual de 21,9 °C; temperatura máxima média anual de 29,1 °C; temperatura mínima média anual de 16,6°C; temperatura máxima absoluta (ocorrida em 17/11/1985) de 38,5 °C; temperatura mínima absoluta (ocorrida em 21/07/1981) de - 2,2 °C; precipitação pluvial anual de 1589,4 mm; umidade relativa média anual de 73,4 %; insolação media anual de 2713,2 horas e evaporação potencial anual de 1498,4 mm (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, 1992).

Em anexo a área experimental, encontra-se uma estação meteorológica automática (EMA), coletando dados e armazenando-os, a cada hora, em datalogger, de: Precipitação pluvial, Temperatura do ar, Radiação solar global, Umidade relativa do ar, Velocidade do vento. Em cada linha de plantio havia um aspersor do pivô central com uma vazão de 6,2 mm/12 horas, ficando o pivô parado por 12 horas durante a noite. O tempo da irrigação foi controlado pela evapotranspiração de referência calculada segundo o método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Dentro do cafezal, dois talhões foram selecionados, sendo um deles em plantio adensado, no espaçamento de 1,0 x 0,5m (20.000 plantas/ha), e o outro em plantio convencional, no espaçamento de 4,0 x 1,0m (2.500 plantas/ha). A área do talhão com espaçamento adensado foi de 520 m² com 950 plantas, e no espaçamento convencional foi de 1.770 m², com 434 plantas, sendo que destas, 240 foram utilizadas no experimento, ou seja, 120 plantas no plantio convencional e 120 plantas no plantio

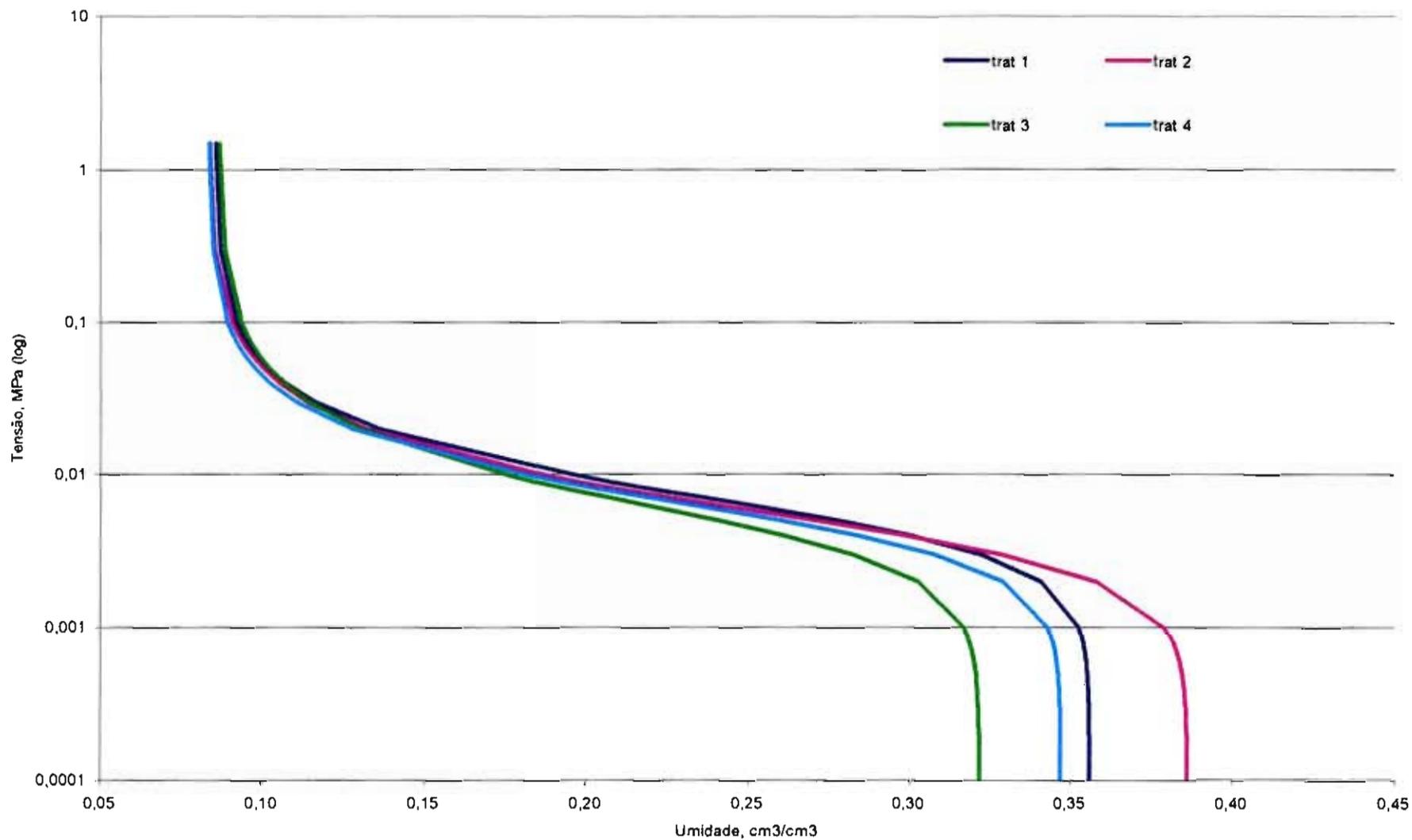


Figura 1 - Curvas características do solo nas profundidades de 20 cm nos plantios adensado (trat 1), convencional (trat.3) e 40 cm nos plantios adensado (trat 2), convencional (trat 4), em cafeeiros Acaiá, 474/19. Fazenda Escola Universidade de Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Tabela 1 - Análise química do solo

Sistema de Plantio	Perfil (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (g.dm ⁻³) (mg.dm ⁻³)	K resina	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
-----mmol c /dm ³ -----											
-----mmol c /dm ³ -----											
Adensado	0 - 20	4,5	25	64	2,1	14	5	38	21,1	59,1	36
Adensado	20 - 40	4,5	19	31	1,9	12	5	34	18,9	52,9	36
Adensado	40 - 60	4,4	12	12	1,5	10	5	34	16,5	50,5	33
Adensado	60 - 80	4,4	9	8	1,3	8	4	28	13,3	41,3	32
Largo	0 - 20	4,9	13	33	1,3	20	10	20	31,3	51,3	61
Largo	20 - 40	5,2	10	22	1,0	18	7	16	26,0	42,0	62
Largo	40 - 60	4,8	8	5	0,8	13	6	18	19,8	37,8	52
Largo	60 - 80	4,7	8	3	0,7	10	4	20	14,7	34,7	42

Tabela 2 - Análise física do solo

Sistema de Plantio	Profundidade das amostras (cm)	Densidade aparente (g/cm ³)	Umidade do solo saturado 0,1 atm (%)	Macros (%)	Micros (%)	Porosidade (%)	
Adensado	20	1,545	23,076	13,932	14,114	21,497	35,612
Adensado	40	1,460	26,425	14,293	17,708	20,863	38,272
Largo	20	1,616	19,957	11,847	13,058	19,152	32,210
Largo	40	1,555	22,313	12,574	15,128	19,560	34,688

Tabela 3 - Análise granulométrica de solo em profundidade - simples.

Sistema de Plantio	Perfil cm	Argila	Limo	Areia Fina	Areia Grossa	Classe Textural
----- g/kg-----						
Adensado	0 - 20	140	100	550	210	Arenosa
Adensado	20 - 40	160	100	560	180	Média
Adensado	40 - 60	180	80	560	180	Média
Adensado	60 - 80	170	40	580	210	Média
Largo	0 - 20	110	100	590	200	Arenosa
Largo	20 - 40	160	100	560	180	Média
Largo	40 - 60	160	90	550	200	Média
Largo	60 - 80	170	110	560	160	Média

adensado. Foram feitas coletas de amostras de solo em cinco segmentos do perfil (superfície; 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60cm e 60 a 80 cm) em 10 repetições e em 36 decêndios, a partir de 12 de julho de 2002, sendo a última coleta no dia 8 de julho de 2003. As amostras foram feitas próximo das 7 horas, horário que antecedia a irrigação e apresentando melhor distribuição da umidade depois da última irrigação. As cinco amostras de cada repetição, no perfil do solo, foram coletadas no mesmo ponto de amostragem.

Disponibilidade hídrica

Balço hídrico climatológico

Balço hídrico, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955) no CAD de 100 mm, para Uberaba (MG), longitude 47° 55'W, latitude 19° 45'S e altitude 758 m, com dados de temperaturas médias, mensais e anual normais da estação meteorológica do convênio Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) / Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada na Fazenda Experimental da EPAMIG.(MG), apresentando déficit hídrico anual de 96 mm, nos meses de maio a setembro e excedente hídrico de 611 mm de novembro a abril (Figuras 2 e 3).

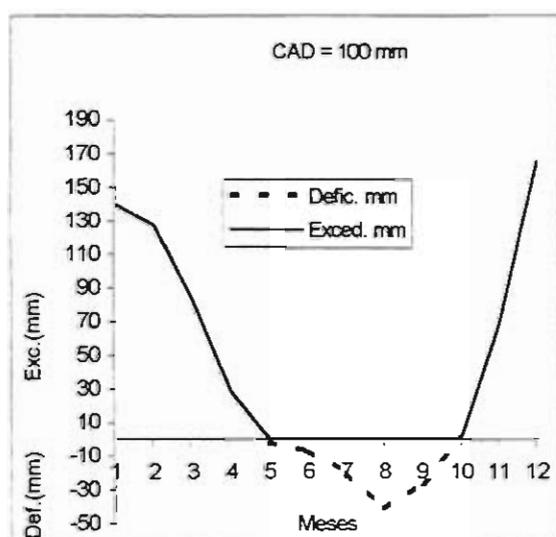


Figura 2 - Representação gráfica do balanço hídrico climatológico com a variação do excedente e da deficiência. Uberaba, MG.

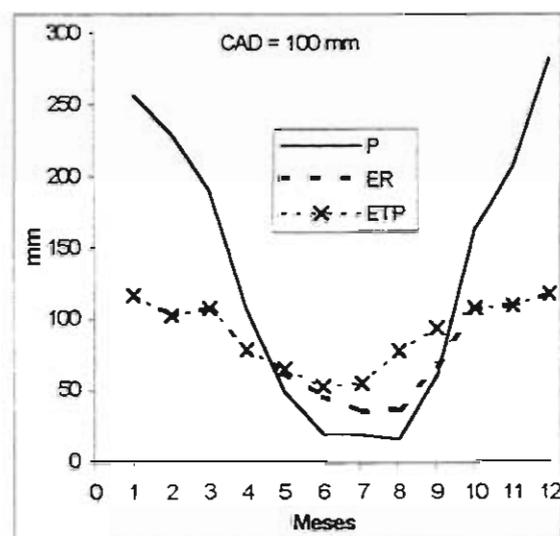


Figura 3 - Representação gráfica do balanço hídrico climatológico com a variação da precipitação, evapotranspiração potencial e real. Uberaba, MG.

Balanço hídrico de campo

A equação que descreve o balanço hídrico num elemento de volume de solo de profundidade z durante um intervalo de tempo ($t_2 - t_1$) fundamenta-se, segundo VOLPE (1986), na lei da conservação das massas.

O balanço hídrico na cultura do cafeeiro pode ser representado pela expressão:

$$\int_{t_1}^{t_2} (P + I - ETR \pm Dp \pm R) dt = \int_0^z \int_{t_1}^{t_2} (\delta \theta / \delta t) . dt . dz$$

onde: P representa a precipitação, I a irrigação, ETR a evapotranspiração real, Dp a drenagem profunda e R o escoamento superficial, todos em mm por decêndio. O segundo membro da equação corresponde à variação do armazenamento de água no mesmo volume de solo no intervalo de tempo ($t_2 - t_1$).

Integrando-se a equação em relação ao tempo e à profundidade segundo HILLEL (1971) citado por VOLPE (1986) tem-se:

$$P + I - ETR \pm Dp \pm R = \pm \Delta A$$

onde cada termo representa quantidade de água em mm e ΔA representa a variação no armazenamento da água no solo, em mm, no período de 10 dias.

Determinação dos componentes do balanço hídrico

Armazenamento da água no solo

A variação no armazenamento da água no solo foi estimada a partir de perfis sucessivos de umidade do solo θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

A umidade do solo foi obtida, através de amostras de solo nas profundidades de 0, 20, 40, 60 e 80 cm e em 10 repetições por espaçamento, coletadas durante 12 meses ou seja 36 decêndios de 12 de julho de 2002 a 08 de julho de 2003.

As amostras, depois de retiradas com trados, foram acondicionadas em recipientes com tampa, para que se evitasse a perda de umidade por evaporação.

Levadas ao laboratório de solos da EPAMIG em Uberaba(MG), as amostras úmidas foram pesadas, juntamente com o recipiente (P_u), e colocadas, a seguir, para secar em estufa com temperatura entre 105 a 110 °C até o peso constante. Em seguida, as amostras foram pesadas novamente, junto com o recipiente (P_s). O recipiente (P_r) foi pesado, depois de cuidadosamente lavado e seco.

Determinou-se a massa específica global do solo (densidade do solo), em amostras estruturadas através de anéis volumétricos, em duas profundidades 20 e 40 cm, para cada espaçamento ou sistema de plantio.

A umidade do solo, em cm^3/cm^3 , foi dada pela equação:

$$\theta = \frac{P_u - P_s}{P_s - P_r} \times D_a$$

em que D_a é a densidade do solo (massa específica global do solo), em g/cm^3 .

Foram considerados cinco perfis de solo: superfície, 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm. A partir desses perfis e da densidade aparente, determinou-se o perfil médio.

Em resumo, o perfil da umidade do solo até 80 cm é igual $\bar{\theta}$

$$\bar{\theta} = 1/5 (\theta_0 + \theta_{20} + \theta_{40} + \theta_{60} + \theta_{80})$$

Para a estimativa do armazenamento da água no solo (A) foi empregada a expressão :

$$A = \bar{\theta} \cdot z$$

onde $\bar{\theta}$ é a umidade média do perfil do solo até a profundidade z igual a 80 cm

A variação no armazenamento da água no solo (ΔA) no período ($t_2 - t_1$) foi determinada pela expressão:

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

onde: $(A_2 - A_1)$ são os armazenamentos da água no solo, em mm, nos tempos t_2 e t_1 , respectivamente.

Drenagem profunda e escoamento superficial

Para substituir os cálculos da drenagem profunda e do escoamento superficial que fazem parte da equação que descreve o balanço hídrico, determinou-se a curva característica do solo nos dois sistemas de plantio (Figura 1), de onde retiraram-se os valores da capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP) em cada espaçamento.

Adotaram-se as tensões de umidade no solo de 0,01 MPa para caracterizar a capacidade de campo e 1,5 MPa para caracterizar o ponto de murchamento, conforme orientação e determinação do laboratório de análise de solo e planta do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade das Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista de Jaboticabal (Figura 1).

A evapotranspiração máxima (ET_m) foi estimada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o), calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). O coeficiente para o cafeeiro (K_c) utilizado, foi de 1,0 para o plantio convencional e de 1,3 para o plantio Adensado. Segundo a recomendação de SANTINATO et al.(s/d), citado por MENDES & GUIMARÃES (2000), o K_c para a cultura do cafeeiro depende do número de plantas por hectare, ou seja, 1,0 para planta acima de 3 anos de idade e com uma população de 2500 e de 1,3 para uma população acima de 13333 e, também acima de 3 anos idade. Recomendação semelhante é a de CAMARGO (1987), em que :

$$K_c = A_c / (A_u \cdot 0,8),$$

onde A_c = área da projeção da copa em m² e A_u = área do espaçamento do cafeeiro em m² (área útil). Utilizou-se, também, a equação segundo JENSEN (1968), em que:

$$ET_m = ET_o \cdot K_c$$

Determinação da evapotranspiração de referência:

Calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

onde:

- ET_o = evapotranspiração de referência (mm/dia)
- R_n = balanço da radiação ou radiação líquida (MJ/m² dia)
- G = fluxo de calor no solo (MJ/m² dia)
- T = temperatura do ar a 2 m de altura (° C)
- u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m / s)
- e_s = pressão de saturação de vapor (kPa)
- e_a = pressão atual de vapor (kPa)
- e_s - e_a = déficit de pressão de saturação de vapor (kPa)

A temperatura média do ar, em °C, velocidade média do vento em m/s, a radiação solar global (R_g), em W m⁻²; posteriormente convertidos em MJ m⁻² dia⁻¹ e a umidade do ar, em %, utilizada na determinação do déficit de saturação de vapor em kPa foram medidos pela EMA, que fornece os dados a cada hora, na altura de 2 m.

$$\Delta = \frac{4098 [0,6108 \exp (17,27 \cdot T / (T + 237,3))]}{(T + 237,3)^2} = \text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\gamma = 0,0008 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

G = 0 (devido o seu pequeno valor em relação ao valor do balanço da radiação

e_s = f (T do ar) :

$$e_s = 0,61078 \cdot 10^{[7,5 T / (237,3 + T)]} = \text{kPa}$$

$$e_a = UR \cdot e_s / 100 = \text{kPa}$$

$$R_n = \text{BOC} + \text{BOL}$$

sendo: BOC = balanço de radiação solar de ondas curtas

BOL = Balanço de radiação solar de ondas longas

$$BOC = (1 - \text{albedo da grama hipotética}) \cdot R_g = \text{MJ/m}^2 \text{ dia}$$

$$\text{Albedo da grama hipotética} = 0,23$$

$$BOL = -4,903 \cdot 10^{-9} \cdot (T_a)^4 \cdot (0,56 - 0,25 \cdot \sqrt{ea}) \cdot \left(1,35 \cdot \frac{R_g}{R_o} - 30,35\right)$$

sendo R_o = radiação solar média diária no topo da atmosfera, em $\text{MJ/m}^2 \text{ dia}$.

Precipitação pluvial e irrigação

A precipitação(P) foi obtida em dados diários registrados pela estação meteorológica automática (EMA) colocada a 80 m da área experimental. O experimento foi implantado dentro de uma área plantada com *Coffea arabica* cv. Acaiá, 474/19, irrigada com pivô central. A irrigação (I) não seguiu nenhum critério para atender as necessidades do experimento, mas quando realizada foi de 6,2 mm/dia. O turno de rega seguiu a ETo..

Determinação da evapotranspiração real

A expressão utilizada para a determinação da evapotranspiração ou consumo de água pela cultura foi:

$$ETR = P + I - D_p - R \pm \Delta A$$

Considerou-se um elemento de volume de solo de profundidade igual a 80 cm, baseada na informação de RENA & MAESTRI (1985) de que em pesquisa no Quênia, após seca prolongada, detectou-se uma elevada atividade radicular entre 45 e 75 cm de profundidade e bem próxima do tronco, mas após uma chuva, a maior atividade se desenvolveu próximo à superfície do solo e a uma distância de 70 cm do tronco. Segundo ARRUDA (1987) vários autores no Estado de São Paulo obtiveram e recomendam uma profundidade do sistema radicular efetivo para cafeeiros de 50 cm.

Para o cálculo da Evapotranspiração Real, considerou-se que: o máximo de água que o solo pode reter seja o conteúdo de umidade na "capacidade de campo", ou seja, toda precipitação com valor acima do déficit de água no solo é perdida por percolação ou escoamento superficial, e que a Evapotranspiração real foi sempre inferior ou igual à Evapotranspiração máxima.

O CAD foi determinado segundo a fórmula (BRAGA & VILLA NOVA, 1983):

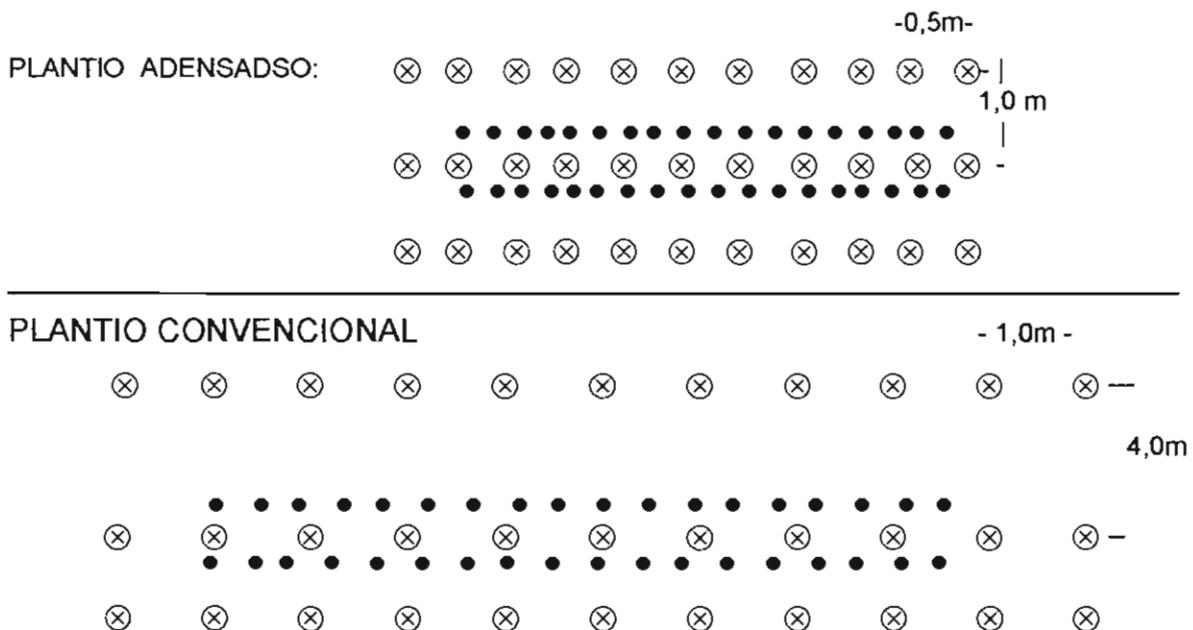
$$CAD = \int_0^z \int_{pm}^{cc} d\theta \cdot dz = (\theta_{cc} - \theta_{pm}) \cdot z$$

onde: CAD é a capacidade máxima de água disponível que o solo pode reter em disponibilidade para a planta, em mm de altura d' água; θ_{cc} é a umidade em volume na capacidade de campo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$; θ_{pm} é a umidade em volume no ponto de murchamento, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ e z é a profundidade do perfil do solo considerado, em mm.

Delineamento estatístico

O experimento foi montado em parcelas subdivididas em 10 blocos casualizados, onde os espaçamentos (sistemas de plantio) foram as parcelas e os 36 decêndios (Épocas) as subparcelas, conforme Figuras 4 e 5.

EXEMPLO DE UMA PARCELA EM CADA ESPAÇAMENTO:



Foram: 36 ponto de coleta por parcela (●) (1 em cada 10 dias);
 5 amostras em cada ponto (●) (0 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm e 80 cm);
 10 repetições por espaçamento, sendo 100 amostras totais/época (36)
 As amostras foram coletadas nas projeções das copas para o espaçamento convencional
 e no espaçamento adensado foram coletadas no centro das ruas.

Figura 4 - Esquema de uma parcela de cada sistema de plantio: adensado e convencional

B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10
AP0	AP0	AP0	AP0	AP0	AP0	AP0	AP0	AP0	AP0
AP1	AP1	AP1	AP1	AP41	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1
AP2	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2	AP2
AP3	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3	AP3
AP4	AP4	AP4	AP4	AP4	AP4	AP4	AP4	AP4	AP4
LP0	LP0	LP0	LP0	LP0	LP0	LP0	LP0	LP0	LP0
LP1	LP1	LP1	LP1	LP1	LP1	LP1	LP1	LP1	LP1
LP2	LP2	LP2	LP2	LP2	LP2	LP2	LP2	LP2	LP2
LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3
LP4	LP4	LP4	LP4	LP4	LP4	LP4	LP4	LP4	LP4

Onde:

A = plantio adensado; L = plantio convencional; P = profundidade da amostra no solo
 P0 = superfície; P1 = 20 cm; P2 = 40 cm; P3 = 60 cm; P4 = 80 cm

Figura 5 - Croqui do experimento mostrando as parcelas, que são os sistemas de plantio, adensado e convencional e as subparcelas que são as unidades médias das profundidades no perfil do solo dentro das 36 épocas das amostragens (decêndios).

Resultados e Discussão

Nas Tabelas 1B, 2B, 3B e 4B encontram-se os resultados das análises de variância para as umidades dos solos, em volume (cm^3/cm^3), determinados em cinco perfis nos dois sistemas de plantio. A média dos cinco perfis, em cada parcela, serviram para determinar um perfil médio de 0 a 80 cm.

Na Tabela 1B verificam-se as diferenças significativas entre os sistemas de plantio, blocos, decêndios, e das interações entre os sistemas de plantio e decêndios. O alto valor do coeficiente de variação mostra a grande variabilidade da umidade dos solos entre os dois sistemas de plantio.

Através da Tabela 2B, podem se notar que os decêndios apresentaram diferenças nos dois sistemas de plantio e através da Tabela 3B, observam-se que as diferenças foram nos decêndios 2, 3, 9, 10, 11. Os decêndios sem diferenças significativas foram marcados com chuvas mais intensas e um período pós-chuva, em que os solos se mantiveram próximo a sua capacidade de campo.

Na Tabela 4B estão as médias das umidades do solo por sistema de plantio e por decêndios, sendo que apenas as médias nos decêndios 2, 3, 5, 9, 10 e 11 apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de plantio e, dentro dos sistemas de plantio. O plantio convencional não apresentou diferenças significativas. Já, o adensado apresentou diferenças entre vários decêndios, sendo que no decêndio 9 a umidade do solo foi a maior e no decêndio 36 a menor, durante todo o período analisado..

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 são apresentados os termos dos balanços hídricos relacionados em duas parcelas e 36 subparcelas.

Vários processos de fluxo, infiltração, redistribuição, evaporação e absorção pelas plantas, são interdependentes, na maioria das vezes ocorrendo simultaneamente. Para estudar o ciclo da água em uma cultura e de uma maneira geral, é necessário considerar-se o balanço hídrico. Este não é nada mais do que o somatório das quantidades de água que entra e sai de um elemento de volume considerado e num dado intervalo de tempo, resultando a quantidade líquida que nele permanece disponível (ALLEN et al. 1998).

O primeiro passo do balanço será o de escolher a camada do solo na qual se está interessado em determinar o balanço hídrico. Geralmente, esta camada deverá incluir toda a zona de absorção das raízes ou, pelo menos, uma boa porcentagem dela (ALLEN et al. 1998).

O balanço hídrico foi efetuado no solo sob a plantação do cafeeiro Acaiá, 474/19., nos sistemas de plantio adensado e convencional desde a colheita do ano de 2002 até a colheita do ano de 2003, em 36 épocas, com intervalos de 10 dias, chamados de decêndios.

Da maneira como foi calculado o balanço hídrico, algumas fontes de erro podem ser admitidas. REICHARDT et al. (1974) afirmam que a drenagem profunda e o escoamento podem ser fontes de erros em períodos chuvosos. Após uma chuva intensa, quando a drenagem é grande, o período para o cálculo do balanço hídrico deve ser o menor possível, às vezes até menor que um dia. Mas, para BRUNINI (1975) a drenagem profunda, em valores diários, pode apresentar grandes flutuações dentro de um período, indicando que o melhor procedimento é obter o somatório dos valores diários e não os valores médios entre os dados do início e fim do período.

Considerou-se que o máximo de água que o solo pode reter é o conteúdo de umidade na capacidade de campo, definida através das curvas características (Figura 1), especificamente determinadas para os solos dos dois sistemas de plantio. Toda a precipitação com valores acima do déficit de água no solo foi considerada como perdida por drenagem profunda e escoamento superficial. Utilizou-se a evapotranspiração máxima (ET_m) para corrigir possíveis valores da evapotranspiração real (ETR) que pudessem ultrapassá-la (CASTRO NETO, 1979). A ET_m foi calculada utilizando o K_c igual a 1,3 e 1,0, específico para cafeeiros com idade próxima aos 4 anos, densidade populacional de 20000 plantas/ha no sistema adensado e 2500 plantas/ha no sistema convencional, respectivamente (SANTINATO et al., sd, citados por MENDES & GUIMARÃES, 2000, CAMARGO 1987), com uma projeção de copa média de 3,2 m² no plantio convencional e 0,5 m², no plantio adensado. Calculou-se a ET_m segundo a fórmula apresentada por JENSEN (1968), obtendo valores diários e utilizando a evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), Os dados utilizados nos cálculos da ET_o estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Temperatura média do ar a 2m de altura ($T_{m\u00e9dia}$), umidade relativa média do ar a 2 m de altura ($UR_{m\u00e9dia}$), velocidade média do vento a 2 m de altura ($V_{m\u00e9dia}$), radiação solar global a 2 m de altura (R_g) utilizados no cálculo a evapotranspiração de referência (ET_o).
Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, 12/07/02 a 10/07/03.

Dec\u00eandio	$T_{m\u00e9dia}$ ($^{\circ}$ C)	$UR_{m\u00e9dia}$ (%)	$V_{m\u00e9dio}$ (m/s)	R_g ($MJ/m^2 \cdot 10d$)	ET_o (mm/10d).
12 a 22/07	18,7	61,5	0,89	169,08	40,10
22 a 01/08	20,8	57,9	1,13	194,92	47,80
01 a 11/08	22,9	53,0	0,93	443,06	50,10
11 a 21/08	21,9	37,4	1,76	226,87	67,50
21 a 01/09	21,1	52,5	1,60	202,09	56,60
01 a 11/09	20,6	57,6	1,41	227,84	56,10
11 a 21/09	23,5	57,1	1,16	187,40	49,50
21 a 01/10	22,6	57,2	2,05	218,59	60,60
01 a 11/10	25,8	43,4	1,17	238,38	71,50
11 a 21/10	26,5	36,5	1,31	264,82	81,00
21 a 31/10	24,6	68,6	1,19	223,52	56,10
31 a 10/11	22,4	75,6	1,08	219,37	46,40
10 a 20/11	22,6	83,6	0,85	185,07	35,90
20 a 30/11	23,8	81,3	0,79	184,20	37,50
30 a 10/12	24,5	77,4	0,82	231,55	49,90
10 a 20/12	22,2	90,9	0,73	175,48	30,80
20 a 30/12	23,1	88,7	0,72	220,06	40,60
30 a 09/01	22,7	93,9	0,80	173,22	69,90
09 a 19/01	22,9	92,1	0,90	207,10	66,00
19 a 29/01	22,3	93,1	0,90	166,06	68,60
29 a 08/02	23,0	86,5	0,70	212,72	71,80
08 a 18/02	22,8	86,9	0,90	200,02	77,00
18 a 28/02	24,1	78,4	0,80	239,16	86,40
28 a 10/03	22,9	84,4	0,70	201,66	90,70
10 a 20/03	21,6	93,1	0,60	153,71	65,20
20 a 30/03	21,6	90,3	0,50	165,11	52,30
30 a 09/04	22,0	89,8	0,50	171,42	58,20
09 a 19/04	21,1	85,5	1,10	164,07	60,10
19 a 29/04	22,9	73,4	0,80	212,03	74,90
29 a 09/05	18,4	80,2	0,70	183,77	78,00
09 a 19/05	19,3	69,7	1,20	201,66	77,70
19 a 29/05	18,4	73,9	0,60	174,18	77,80
29 a 08/06	20,5	77,2	0,70	165,63	66,80
08 a 18/06	20,1	68,6	0,70	192,41	74,10
18 a 28/06	18,5	59,4	0,50	193,80	82,60
28 a 08/07	18,3	53,0	0,70	195,35	87,20

Através da Tabela 5, nota-se que nos dois sistemas de plantio, do total de água perdida por evapotranspiração, drenagem profunda e escoamento superficial, em média 26,3 % no plantio adensado e 36,4 % no plantio convencional, correspondem à drenagem e ao escoamento superficial, ou seja, uma média de 3,7 mm/dia e 4,6 mm/dia nos plantios adensado e convencional, respectivamente.

Pela análise de WIT(1958) e ARKLEY(1963), citados por ARRUDA (1987), pode-se afirmar que para se obter máximas produções de biomassa e, possivelmente, grãos, a transpiração da cultura deve também ser maximizada. Isto é, não deve ocorrer déficit hídrico que venha impor restrições à taxa de transpiração da cultura, pois poderá resultar em decréscimo da produção. Portanto, a quantidade de água a aplicar deve ser aquela que aproxima a evapotranspiração da transpiração da cultura. É conveniente ressaltar que não se fala em uso luxuriante de água pela cultura, ou em transpiração em excesso. Pode-se, acertadamente, referir-se às perdas adicionais em relação às necessidades da cultura. Ainda, segundo ARRUDA (1987), para que a evapotranspiração da cultura se aproxime da transpiração máxima, a componente evaporação do solo deve ser minimizada. Isto é naturalmente conseguido quando a cobertura vegetal (pelas copas da cultura referida) é completa, ou a superfície do solo está seca. O umedecimento freqüente da superfície do solo, quando a cobertura vegetal é ainda escassa ou incompleta, representa uma das duas principais causas em que a evapotranspiração diverge da transpiração da cultura. O uso de coberturas mortas, plantio direto ou plantio adensado, são técnicas para diminuir as diferenças entre evapotranspiração e transpiração. A intensidade de aplicação de água deve ser menor ou no máximo igual à taxa de infiltração no solo. Para minimizar as perdas de água abaixo das raízes, a quantidade de água aplicada deve ser, apenas para umedecer o perfil do solo onde se concentram a maioria das raízes.

JARAMILLO-ROBLEDO & CHÁVES-CÓRDOBA (1999), estudaram três situações de interceptação de chuvas pela superfície das vegetações. Utilizaram uma reserva de mata, um cafezal sombreado com Ingazeiro e um cafezal não sombreado, e os valores interceptados foram: 53,7 mm na mata, 60,3 mm no cafezal sombreado e 45,1 mm no cafezal não sombreado. Mas, a chuva interceptada depende da sua quantidade, da sua intensidade, da distribuição e densidade da parte aérea da

Tabela 5 - Precipitação pluvial mais irrigação (P+I), em mm, variação do armazenamento de água (ΔA), em mm, drenagem profunda mais escoamento superficial (Dp+E), em mm e %, (ETR), em mm, por evapotranspiração real decêndio (D) nos plantios adensado e convencional. *Coffea arabia* L.. cv. Acaiá, 474/19. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Decên- dios	PeríodoAdensado.....			Convencional.....				
		P+I mm	ΔA mm	Dp+E mm	ETR mm	Dp+E %	ΔA mm	Dp+E mm	ETR mm	Dp+E %
1	12 -22/07	55,0								
2	22-.01/08	52,4	9,7	10,0	52,1	16,1	1,6	13,9	40,1	25,7
3	01-11/08	56,2	-1,6	0,0	54,6	0,0	4,4	12,8	47,8	21,1
4	11-21/08	62,2	-9,7	1,9	50,6	3,6	-0,3	23,0	38,9	37,2
5	21- 01/09	62,0	-12,6	0,0	49,4	0,0	-20,0	0,0	42,0	0,0
6	01-11/09	63,6	-28,4	0,0	35,2	0,0	-0,4	0,0	63,2	0,0
7	11-21/09	78,8	2,6	18,0	63,4	22,1	16,4	45,5	48,7	46,8
8	21-01/10	49,6	28,2	4,1	73,7	5,3	-1,3	0,0	48,3	0,0
9	01-11/10	68,8	24,3	31,6	61,5	33,9	4,0	25,5	47,3	35,0
10	11-21/10	64,0	11,8	0,0	75,8	0,0	0,4	0,0	64,4	0,0
11	21-31/10	62,2	-11,5	0,0	50,7	0,0	-27,2	0,0	35,0	0,0
12	31-10/11	112,4	39,7	79,1	72,9	52,0	85,0	141,3	56,1	71,1
13	10-20/11	82,6	-6,9	11,3	64,4	14,9	21,9	55,0	49,5	52,6
14	20-30/11	135,4	1,2	91,6	45,0	67,1	-9,7	91,1	34,6	72,5
15	30-10/12	45,4	2,2	1,2	46,4	2,5	-9,6	0,0	35,7	0,0
16	10-20/12	76,6	-17,7	0,0	58,9	0,0	7,8	34,5	49,9	40,9
17	20-30/12	111,8	21,9	93,6	40,0	70,1	3,0	84,0	30,8	73,2
18	30-09/01	135,4	-3,1	79,5	52,8	60,1	26,0	120,8	40,6	74,8
19	09-19/01	155,8	-10,2	100,4	45,2	68,9	-19,7	101,3	34,8	74,4
20	19-29/01	215,8	2,0	168,4	49,4	77,3	22,9	200,7	38,0	84,1
21	29-08/02	111,8	15,5	82,5	44,9	64,8	-2,5	74,8	34,5	68,4
22	08-18/02	109,0	-34,5	12,6	61,9	16,9	-45,0	16,4	47,6	25,7
23	18-28/02	122,6	37,6	120,1	40,0	75,0	37,5	129,3	30,8	80,8
24	28-10/03	80,6	-37,5	0,0	43,1	0,0	-39,1	0,0	41,5	0,0
25	10-20/03	63,4	37,2	55,8	45,2	55,2	53,0	82,0	34,8	70,2
26	20-30/03	244,8	7,4	214,5	37,7	85,1	-3,7	212,1	29,0	88,0
27	30-09/04	113,6	-21,4	51,5	40,7	55,9	-16,7	62,6	31,3	66,7
28	09-19/04	118,8	12,0	95,6	35,2	73,1	-6,1	85,6	27,1	76,0
29	19-29/04	55,5	-41,2	0,0	14,3	0,0	-28,3	0,0	27,2	0,0
30	29-09/05	26,0	-7,9	0,0	18,1	0,0	17,1	0,6	42,5	1,5
31	09-19/05	59,0	-30,4	0,0	28,6	0,0	-51,0	0,0	8,0	0,0
32	19-29/05	37,4	2,3	0,0	39,7	0,0	26,0	26,9	36,5	42,5
33	29-08/06	45,0	-31,0	0,0	14,0	0,0	-37,0	0,0	8,0	0,0
34	08-18/06	55,8	-7,2	0,0	48,6	0,0	-10,7	5,2	39,9	11,6
35	18-28/06	62,0	-14,2	0,0	47,8	0,0	2,5	19,0	45,5	29,5
36	28-08/07	62,0	-0,9	0,0	61,1	0,0	-12,0	0,0	49,9	0,0
Total ou média		3077,6	-72,4	1323,3	1662,9	26,3	-10,8	1665,1	1379,9	36,4

vegetação. Os valores do escoamento superficial, também, foram observados e encontraram-se os seguintes valores: mata = 4,5 mm, cafezal sombreado = 4,8 mm e cafezal a pleno sol = 5,2 mm. A percolação profunda, também, foi medida com os seguintes resultados: mata 28,9 mm, cafezal sombreado 27,1 mm e cafezal a pleno sol 34,2 mm. Os autores concluíram que a chuva efetiva foi de: 61,0 mm na mata, 45,1 mm no cafezal sombreado e 69,1 mm no cafezal não sombreado. Concluíram também, que as funções com a precipitação incidente devem ser incorporadas nos cálculos do balanço hídrico quando se analisa sistemas de plantio diferenciados, como é o caso de plantios em espaçamento convencional e em sistemas de plantios adensados.

A evapotranspiração real (ETR) durante o ciclo produtivo do cafeeiro Acaia, 474/19, em dois sistemas de plantio, em Uberaba(MG) foi de 1662,9 mm no plantio adensado e 1379,9 mm no plantio convencional, ou seja uma média de 4,6 mm/dia e 3,8 mm/dia nos plantios adensado e convencional, respectivamente. No plantio convencional, o consumo de água foi 83,0 % do consumo do plantio adensado (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

O processo de evapotranspiração necessita de energia para a evaporação d'água e, sendo assim, ele depende principalmente da quantidade de energia recebida. Se a área não for toda coberta por vegetal, a energia que chega a ela será parcialmente utilizada na evapotranspiração, menor quantidade d'água será evaporada e grande parte da energia será utilizada para aquecimento do ar e do solo, exceto para o caso de solos descobertos, mas saturados. Por isso, plantas cultivadas com solo descoberto, serão sujeitas a maiores intensidades de evapotranspiração, pois receberão energia solar diretamente sobre a área e, ainda, energia da massa de ar quente e com baixa umidade, proveniente da área sem cobertura vegetal. Este fenômeno é chamado de "efeito oasis" (SALASSIER, 1987; PEREIRA et al., 1997).

PETERS (1960), citado por REICHARDT (1985), verificou-se que a perda de água por evaporação do solo pode alcançar 50% da evapotranspiração, no caso de café, até que a planta atinja mais de 10% de cobertura do solo. No caso de plantios adensados, a perda de água por transpiração alcança quase que 100 % da evapotranspiração. E CAMARGO (1987) afirma que a evapotranspiração do cafeeiro torna-se máxima quando sua copa cobre 80% ou mais da superfície do solo.

A Tabela 6 apresenta a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência, no cafeeiro Acaiá, 474/19, em dois sistemas de plantio, ambas acumuladas em cada um dos 36 decêndios, de 12/07/02 a 08/07/03. Observa-se que a evapotranspiração de referência média foi de 4,2 mm/dia, inferior aos 4,6 mm/dia da evapotranspiração média do plantio adensado e superior aos 3,8 mm/dia da evapotranspiração média no plantio convencional. Nota-se uma diminuição na razão ETR/ET_o , em ambos os sistemas de plantio, a partir do mês de abril, possivelmente devido a queda natural das folhas que ocorreu nesta época.

Na Figura 6 e Tabelas 5, 6, 7 e 8, pode-se verificar-se que, nos decêndios de setembro, outubro e novembro, a evapotranspiração do cafeeiro Acaiá, 474/19, foi maior, devido à fase de emissão de folhas e expansão foliar, apresentando uma evapotranspiração média de 5,9 mm/dia no plantio adensado e 4,9 mm/dia no plantio convencional. Na fase seguinte, de outubro até final de março, mesmo com chuvas mais intensas, acumulando com a irrigação 2043,6 mm no período, uma radiação fotossinteticamente ativa interceptada de 1469,5 MJ m⁻² e uma soma térmica de 2822,9 graus-dia, a evapotranspiração teve uma pequena queda e se manteve até o mês de março, devido a redução da taxa de emissão de folhas e expansão foliar, apresentando uma evapotranspiração média de 4,7 mm/dia, no plantio adensado e de 4,1 mm/dia, no plantio convencional. A partir do mês de abril, com a queda natural de folhas, final das chuvas e a não suplementação imediata da irrigação, houve uma redução na evapotranspiração média para 3,4 mm/dia, no plantio adensado e 3,1 mm/dia, no plantio convencional.

Se a produção e expansão foliar são processos sensíveis à restrição hídrica, a taxa de produção de matéria seca também o é. Qualquer atraso no fornecimento de água à cultura, resultará em atraso no desenvolvimento da área foliar e na produção da biomassa. Por outro lado, quando as copas das plantas cobrem todo o solo, praticamente toda radiação solar incidente estará sendo interceptada. Haverá uma maior competição por assimilados, e a produção de biomassa passará a depender mais da radiação incidente e abertura dos estômatos. Portanto, menos sensíveis ao déficit hídrico (ARRUDA, 1987).

Tabela 6 - Evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração de referência (Eto) e a relação ETR/Eto em dois sistemas de plantio convencional e adensado. *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Decên- dios	Período	Adensado			Convencional		
		ETR (mm)	ETo (mm)	ETR/ETo	ETR (mm)	ETo (mm)	ETR/ETo
1	12-22/07						
2	22-01/08	52,1	40,1	1,3	40,1	40,1	1,0
3	01-11/08	54,6	47,8	1,1	47,8	47,8	1,0
4	11-21/08	50,6	38,9	1,3	38,9	38,9	1,0
5	21-01/09	49,4	65,4	0,8	42,0	65,4	0,6
6	01-11/09	35,2	68,3	0,5	63,2	68,3	0,9
7	11-21/09	63,4	48,7	1,3	48,7	48,7	1,0
8	21-01/10	73,7	56,7	1,3	48,3	56,7	0,9
9	01-11/10	61,5	47,3	1,3	47,3	47,3	1,0
10	11-21/10	75,8	70,1	1,1	64,4	70,1	0,9
11	21-31/10	50,7	89,6	0,6	35,0	89,6	0,4
12	31-10/11	72,9	56,1	1,3	56,1	56,1	1,0
13	10-20/11	64,4	49,5	1,3	49,5	49,5	1,0
14	20-30/11	45,0	34,6	1,3	34,6	34,6	1,0
15	30-10/12	46,4	35,7	1,3	35,7	35,7	1,0
16	10-20/12	58,9	49,9	1,2	49,9	49,9	1,0
17	20-30/12	40,0	30,8	1,3	30,8	30,8	1,0
18	30-09/01	52,8	40,6	1,3	40,6	40,6	1,0
19	09-19/01	45,2	34,8	1,3	34,8	34,8	1,0
20	19-29/01	49,4	38	1,3	38,0	38	1,0
21	29-08/02	44,9	34,5	1,3	34,5	34,5	1,0
22	08-18/02	61,9	47,6	1,3	47,6	47,6	1,0
23	18-28/02	40,0	30,8	1,3	30,8	30,8	1,0
24	28-10/03	43,1	51,8	0,8	41,5	51,8	0,8
25	10-20/03	25,2	34,8	1,3	34,8	34,8	1,0
26	20-30/03	37,7	29	1,3	29,0	29	1,0
27	30-09/04	40,7	31,3	1,3	31,3	31,3	1,0
28	09-19/04	35,2	27,1	1,3	27,1	27,1	1,0
29	19-29/04	14,3	43,8	0,3	27,2	43,8	0,8
30	29-09/05	18,1	42,5	0,4	42,5	42,5	1,0
31	09-19/05	28,6	41,2	0,7	8,0	41,2	0,2
32	19-29/05	39,7	36,5	1,1	36,5	36,5	1,0
33	29-08/06	14,0	36,1	0,4	8,0	36,1	0,2
34	08-18/06	48,6	39,9	1,2	39,9	39,9	1,0
35	18-28/06	47,8	45,5	1,1	45,5	45,5	1,0
36	28-08/07	61,1	49,9	1,2	49,9	49,9	1,0
Total ou média		1663,0	1515,3	1,1	1379,9	1515,3	0,9

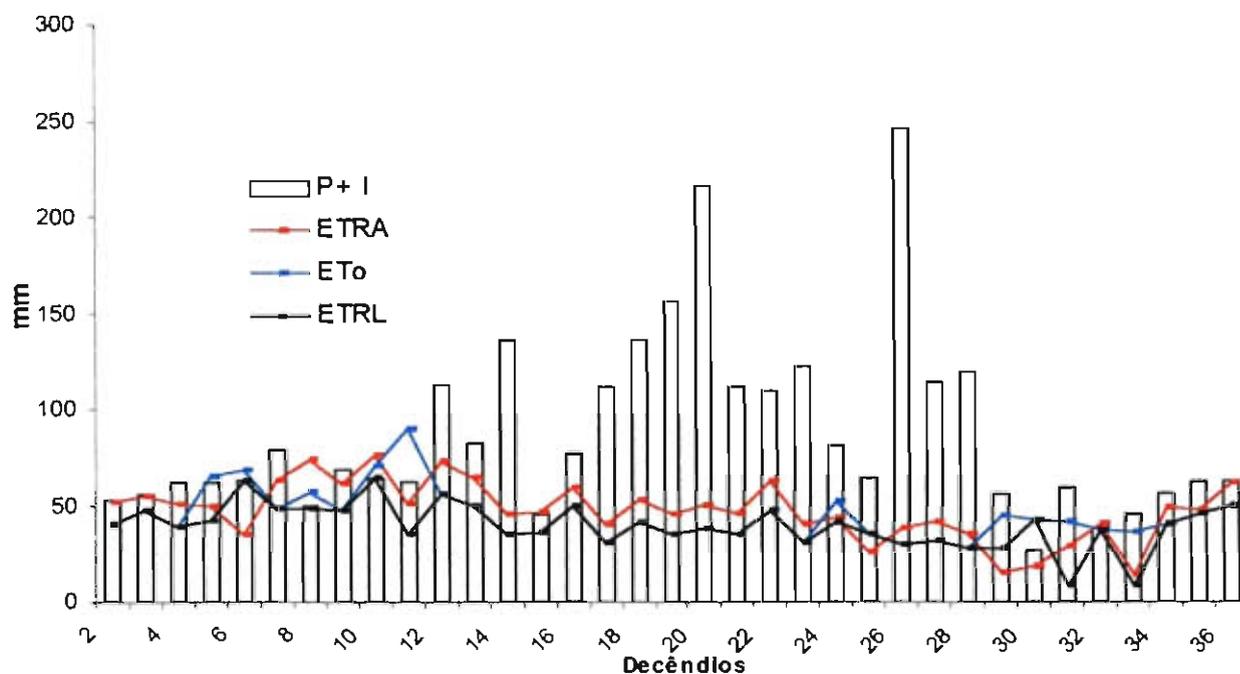


Figura 6 - Relação entre a evapotranspiração real no plantio adensado (ETRA), evapotranspiração no plantio convencional (ETRL), evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação pluviométrica + irrigação (P+I). *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

CASSIDY & KUMAR(1984), estudaram, em Chipinge, Zimbábue, a distribuição do sistema radicular de cafeeiros cultivados em alta densidade e densidade intermediária de plantio, encontrando nas altas densidades raízes axiais que penetram mais profundamente no solo. Nas densidades intermediárias ocorreu o aumento do desenvolvimento das raízes laterais profundas. Entretanto, nos cafeeiros plantados muito juntos na rua, embora as raízes axiais tenham sido em maior número e crescido a maiores profundidades, as raízes laterais profundas não foram tão evidentes. Sabe-se que o adensamento, tanto na fileira como na rua, influencia o tamanho e a estrutura geral do sistema radicular e que o bom desenvolvimento do diâmetro da base do caule é uma boa característica morfológica externa do cafeeiro saudável, muito influenciado pelo desenvolvimento das raízes.

A Figura 7 apresenta a evapotranspiração real, no cafeeiro Acaiá, 474/19 acumulada no plantio convencional (ETRL), a evapotranspiração real acumulada no plantio adensado (ETRA), a evapotranspiração de referência (ETo) acumulada,

armazenamento de água no solo no plantio convencional (Arm. L) e armazenamento de água no solo no plantio adensado (Arm. A) em 36 decêndios de 12/07/02 a 08/07/03. Nota-se que apenas no plantio adensado a evapotranspiração real acumulada foi superior a evapotranspiração de referência acumulada. A evapotranspiração no plantio convencional durante todo o período esteve inferior à evapotranspiração de referência.

Nas Tabelas 7 e 8 encontram-se a umidade do solo, em volume, o armazenamento da água, em mm, num perfil de 0 a 80 cm, e a evapotranspiração real, nos plantios adensado e convencional. Praticamente, em todos os decêndios a umidade no plantio adensado foi maior, sendo que a média de todos os decêndios foi de $0,21 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, no plantio adensado e $0,17 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, no plantio convencional. Na Figura 8 nota-se a tendência do que aconteceu com a umidade no perfil do solo de 0 a 80 cm, nos plantios adensado e convencional, No princípio houve uma maior diferença entre os sistemas de plantio, que foi diminuindo até tornar-se, praticamente, igual, na fase final. Do início dos trabalhos até o final de março, o solo sob o plantio adensado manteve-se

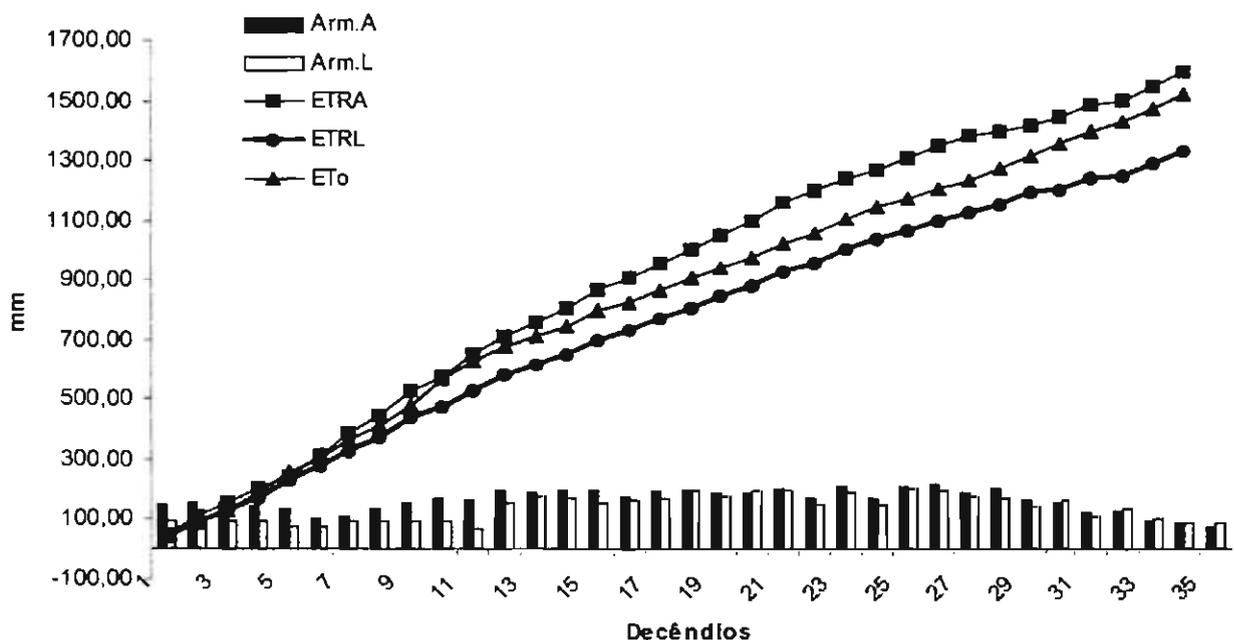


Figura 7 - ETo, ETRA, ETRL, acumuladas, Armazenamento de água no solo no sistema de plantio adensado (Arm A) e no sistema de plantio convencional (Arm L). *Coffea arabica* L cv. Acaíá, 474/19. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Tabela 7 - Valores de umidade do solo, em $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ e evapotranspiração real, em mm, determinados em balanço hídrico de campo para um perfil no solo de 80 cm, em 36 decêndios e em dois sistemas de plantio de *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19: convencional e adensado. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Período	P + I mm	Adensado				Largo			
		Umidade $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ t_1	Umidade $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ t_2	ΔU $t_2 - t_1$	ETR mm	Umidade $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ t_1	Umidade $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ t_2	ΔU $t_2 - t_1$	ETR mm
12 a 22/07	55,0								
22 a 01/08	52,4	0,18	0,20	0,01	52,1	0,12	0,12	0,00	40,1
01 a 11/08	56,2	0,20	0,19	0,00	54,6	0,12	0,12	0,01	47,8
11 a 21/08	62,2	0,19	0,18	-0,01	50,6	0,12	0,12	0,00	38,9
21 a 01/09	62,0	0,18	0,17	-0,02	49,4	0,12	0,10	-0,02	42,0
01 a 11/09	63,6	0,17	0,13	-0,04	35,2	0,10	0,10	0,00	63,2
11 a 21/09	78,8	0,13	0,13	0,00	63,4	0,10	0,12	0,02	48,7
21 a 01/10	49,6	0,13	0,17	0,04	73,7	0,12	0,12	0,00	48,3
01 a 11/10	68,8	0,17	0,20	0,03	61,5	0,12	0,12	0,00	47,3
11 a 21/10	64,0	0,20	0,22	0,01	75,8	0,12	0,12	0,00	64,4
21 a 31/10	62,2	0,22	0,20	-0,01	50,7	0,12	0,09	-0,03	35,0
31 a 10/11	112,4	0,20	0,25	0,05	72,9	0,09	0,19	0,11	56,1
10 a 20/11	82,6	0,25	0,24	-0,01	64,4	0,19	0,22	0,03	49,5
20 a 30/11	135,4	0,24	0,24	0,00	45,0	0,22	0,21	-0,01	34,6
30 a 10/12	45,4	0,24	0,25	0,00	46,4	0,21	0,20	-0,01	35,7
10 a 20/12	76,6	0,25	0,22	-0,02	58,9	0,20	0,21	0,01	49,9
20 a 30/12	111,8	0,22	0,25	0,03	40,0	0,21	0,21	0,00	30,8
30 a 09/01	135,4	0,25	0,25	0,00	52,8	0,21	0,24	0,03	40,6
09 a 19/01	155,8	0,25	0,23	-0,01	45,2	0,24	0,22	-0,02	34,8
19 a 29/01	215,8	0,23	0,24	0,00	49,4	0,22	0,25	0,03	38,0
29 a 08/02	111,8	0,24	0,26	0,02	44,9	0,25	0,25	0,00	34,5
08 a 18/02	109,0	0,26	0,21	-0,04	61,9	0,25	0,19	-0,06	47,6
18 a 28/02	122,6	0,21	0,26	0,05	40,0	0,19	0,24	0,05	30,8
28 a 10/03	80,6	0,26	0,21	-0,05	43,1	0,24	0,19	-0,05	41,5
10 a 20/03	63,4	0,21	0,26	0,05	25,2	0,19	0,25	0,07	34,8
20 a 30/03	244,8	0,26	0,27	0,01	37,7	0,25	0,25	0,00	29,0
30 a 09/04	113,6	0,27	0,24	-0,03	40,7	0,25	0,22	-0,02	31,3
09 a 19/04	118,8	0,24	0,26	0,01	35,2	0,22	0,22	-0,01	27,1
19 a 29/04	55,5	0,26	0,21	-0,05	14,3	0,22	0,18	-0,04	27,2
29 a 09/05	26,0	0,21	0,20	-0,01	18,1	0,18	0,20	0,02	42,5
09 a 19/05	59,0	0,20	0,16	-0,04	28,6	0,20	0,14	-0,06	8,0
19 a 29/05	37,4	0,16	0,16	0,00	39,7	0,14	0,17	0,03	36,5
29 a 08/06	45,0	0,16	0,12	-0,04	14,0	0,17	0,12	-0,05	8,0
08 a 18/06	55,8	0,12	0,11	-0,01	48,6	0,12	0,11	-0,01	39,9
18 a 28/06	62,0	0,11	0,10	-0,02	47,8	0,11	0,11	0,00	45,5
28 a 08/07	62,0	0,10	0,09	0,00	61,1	0,11	0,10	-0,02	49,9
Totais	3058,7	0,21		-0,003	1642,9	0,17		-0,0005	1379,9

Tabela 8 - Valores do armazenamento da água no solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, e evapotranspiração real, em mm, determinados em balanço hídrico de campo para um perfil no solo de 80 cm, em 36 decêndios e em dois sistemas de plantio: convencional e adensado. Uberaba, 12 /07/02 a 08/07/03.

Período	P + I mmAdensado.....			Largo.....			
		Armazen. mm t_1	Armazen. mm t_2	ΔA mm $t_2 - t_1$	ETR mm	Armazen. mm t_1	Armaze. mm t_2	ΔA mm $t_2 - t_1$	ETR mm
22 a 01/08	52,4	147,85	157,56	9,7	52,1	93,22	94,83	1,6	40,1
01 a 11/08	56,2	157,56	155,93	-1,6	54,6	94,83	99,22	4,4	47,8
11 a 21/08	62,2	155,93	146,24	-9,7	50,6	99,22	98,96	-0,3	38,9
21 a 01/09	62,0	146,24	133,64	-12,6	49,4	98,96	78,97	-20,0	42,0
01 a 11/09	63,6	133,64	105,20	-28,4	35,2	78,97	78,59	-0,4	63,2
11 a 21/09	78,8	105,20	107,77	2,6	63,4	78,59	94,99	16,4	48,7
21 a 01/10	49,6	107,77	136,00	28,2	73,7	94,99	93,67	-1,3	48,3
01 a 11/10	68,8	136,00	160,31	24,3	61,5	93,67	97,63	4,0	47,3
11 a 21/10	64,0	160,31	172,11	11,8	75,8	97,63	98,03	0,4	64,4
21 a 31/10	62,2	172,11	160,60	-11,5	50,7	98,03	70,84	-27,2	35,0
31 a 10/11	112,4	160,60	200,27	39,7	72,9	70,84	155,81	85,0	56,1
10 a 20/11	82,6	200,27	193,36	-6,9	64,4	155,81	177,74	21,9	49,5
20 a 30/11	135,4	193,36	194,53	1,2	45,0	177,74	168,06	-9,7	34,6
30 a 10/12	45,4	194,53	196,72	2,2	46,4	168,06	158,42	-9,6	35,7
10 a 20/12	76,6	196,72	179,03	-17,7	58,9	158,42	166,24	7,8	49,9
20 a 30/12	111,8	179,03	200,90	21,9	40,0	166,24	169,22	3,0	30,8
30 a 09/01	135,4	200,90	197,82	-3,1	52,8	169,22	195,24	26,0	40,6
09 a 19/01	155,8	197,82	187,67	-10,2	45,2	195,24	175,56	-19,7	34,8
19 a 29/01	215,8	187,67	189,65	2,0	49,4	175,56	198,47	22,9	38,0
29 a 08/02	111,8	189,65	205,16	15,5	44,9	198,47	196,01	-2,5	34,5
08 a 18/02	109,0	205,16	170,66	-34,5	61,9	196,01	151,05	-45,0	47,6
18 a 28/02	122,6	170,66	208,23	37,6	40,0	151,05	188,55	37,5	30,8
28 a 10/03	80,6	208,23	170,75	-37,5	43,1	188,55	149,49	-39,1	41,5
10 a 20/03	63,4	170,75	207,95	37,2	25,2	149,49	202,47	53,0	34,8
20 a 30/03	244,8	207,95	215,30	7,4	37,7	202,47	198,73	-3,7	29,0
30 a 09/04	113,6	215,30	193,88	-21,4	40,7	198,73	179,00	-16,7	31,3
09 a 19/04	118,8	193,88	205,87	12,0	35,2	179,00	172,94	-6,1	27,1
19 a 29/04	55,5	205,87	164,66	-41,2	14,3	172,94	144,59	-28,3	27,2
29 a 09/05	26,0	164,66	156,74	-7,9	18,1	144,59	161,74	17,1	42,5
09 a 19/05	59,0	156,74	126,35	-30,4	28,6	161,74	110,72	-51,0	8,0
19 a 29/05	37,4	126,35	128,61	2,3	39,7	110,72	136,77	26,0	36,5
29 a 08/06	45,0	128,61	97,62	-31,0	14,0	136,77	99,79	-37,0	8,0
08 a 18/06	55,8	97,62	90,40	-7,2	48,6	99,79	89,13	-10,7	39,9
18 a.28/06	62,0	90,40	76,20	-14,2	47,8	89,13	91,67	2,5	45,5
28 a 08/07	62,0	76,20	75,32	-0,9	61,1	91,67	79,63	-12,0	49,9
Totais	3058,7	164,04		-2,07	1642,9	138,18		-0,39	1379,9

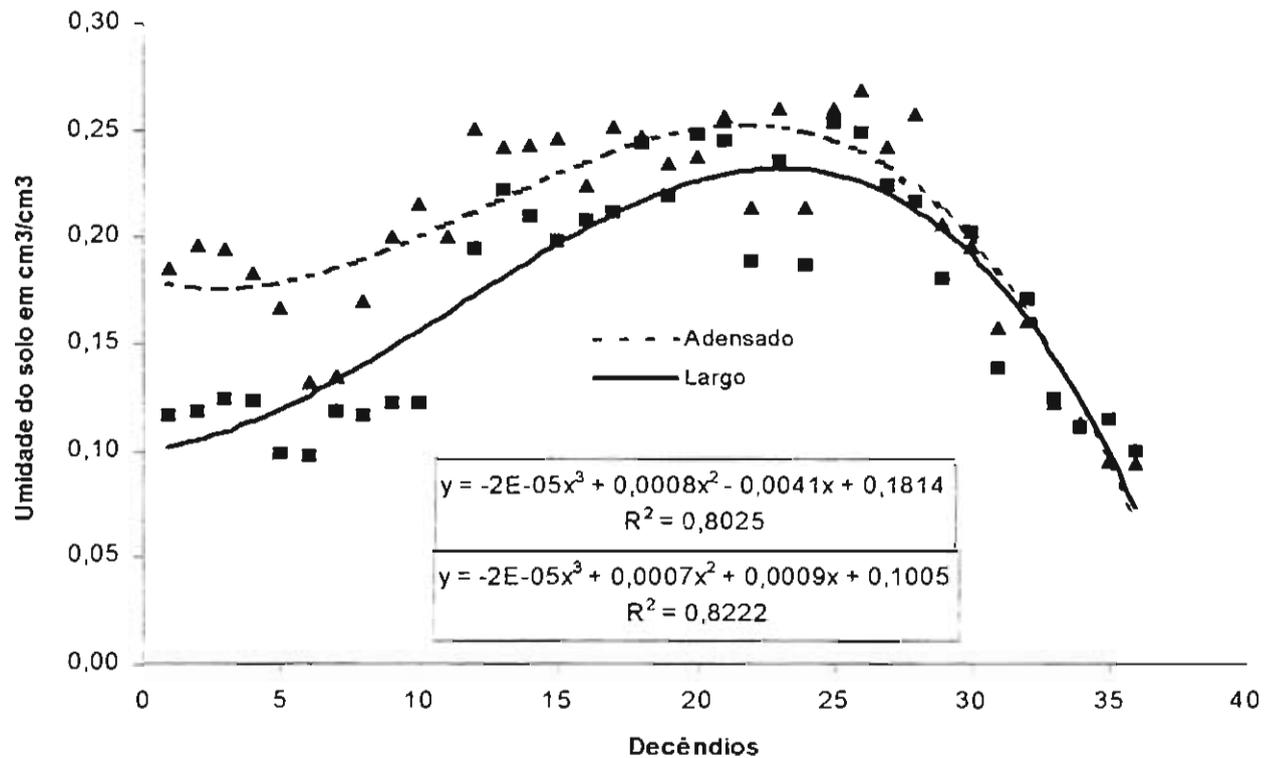


Figura 8-Tendência da umidade do solo nos plantios adensado e convencional do cafeeiro Acaia, 474/19 em Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

com maior umidade. Mas, a partir de abril a umidade no solo, tanto sob o plantio adensado como sob o convencional, foi semelhante. A variação da umidade entre dois decêndios consecutivos (t_2-t_1) apresentou um secamento (variação negativa) média de $0,0030 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ no plantio adensado e de $0,0005 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ no plantio convencional (Tabela 7).

DOORENBOS & PRUITT (1977), relatam que a disponibilidade da água às plantas decresce com a diminuição da umidade do solo e que a planta pode sofrer deficiência de água e redução de crescimento antes de alcançar o ponto de murchamento. A disponibilidade de água seria dividida em dois intervalos: um de água imediatamente disponível e o outro de água decrescentemente disponível, e procuraram estabelecer um ponto crítico entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente.

Logicamente, não há diferença qualitativa entre a água retida em diferentes potenciais no solo e nem é a quantidade de água absorvida pelas plantas, função apenas de seu potencial no solo. Esta quantidade depende da habilidade das raízes de absorver a água do solo com a qual estão em contato, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na transmissão desta água às raízes, em uma proporção que satisfaça as exigências da transpiração. Vê-se então que o fenômeno depende de fatores do solo (condutividade hidráulica, difusividade, relações entre umidade e potencial), da planta (densidade das raízes, profundidade, taxa de crescimento das raízes, fisiologia das raízes) e da atmosfera (déficit de pressão de vapor, vento, radiação solar disponível). Fica claro, então, que não existe forma exata e precisa para a descrição de um fenômeno tão complexo como o da dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera (REICHARDT, 1985).

Analisando o armazenamento médio de água entre os dois sistemas de plantio do cafeeiro Acaiá, 474/19, na Tabela 8, observa-se que o plantio adensado, em 36 decêndios, apresentou um valor médio de 164,04 mm de umidade em 80 cm de perfil do solo e o plantio convencional de 138,18 mm. Já, a variação do armazenamento da água nesse perfil, no plantio adensado apresentou, em média, um secamento (variação negativa) de 2,07 mm, maior que o valor de 0,39 mm de secamento no plantio convencional. O plantio adensado, mesmo com maior armazenamento de água, mostrou maior perda que o plantio convencional, ou seja, apresentou uma maior ETR por possuir uma maior área foliar por m².

O armazenamento de água no solo pode ter uma variação negativa, chamada de secamento ou positiva, umedecimento, dependendo dos outros componentes do balanço hídrico. Para que a transpiração se aproxime da condição potencial a variação no armazenamento da água no solo deve ser delimitada até um valor de secamento determinado experimentalmente, que depende principalmente da cultura, da demanda de água pela atmosfera e do tipo de solo (ARRUDA, 1987).

O plantio adensado, do cafeeiro Acaiá, 474/19, por apresentar uma cobertura foliar maior por m², teve durante praticamente, todos os decêndios uma ETR maior (Tabelas 9, 10, 11 e 12). O índice de área foliar médio, no plantio convencional, foi de 4,7, considerando apenas a área da projeção da copa. Como toda área foi utilizada no

manejo da cultura, a ETR pode ter sido resultante do total da área útil, ou seja, um índice de área foliar de 2,1. Já no plantio adensado o índice de área foliar médio foi de 6,1.

No solo sob o plantio adensado do cafeeiro Acaiá, 474/19, em Uberaba(MG), a capacidade de campo (CC) foi de 152,92 mm e sob o plantio convencional foi de 142,8 mm, ou seja, uma capacidade de água disponível (CAD) de 85,84 mm no plantio adensado e 74,96 mm no plantio convencional determinados através das curvas características para os dois sistemas de plantios (Figura 1).

As Figuras 9 e 10 apresentam a evapotranspiração real no plantio adensado (ETRA), a evapotranspiração real no plantio convencional(ETRL), do cafeeiro Acaiá, 474/19, mostrando a precipitação pluvial + irrigação e a variação do armazenamento da água no solo $(t_2-t_1)_A$ no plantio adensado e $(t_2-t_1)_L$ no plantio convencional. O solo sob o plantio adensado, mesmo com uma CAD maior e com a mesma recepção de água da chuva + irrigação e menor deflúvio, apresentou, durante grande parte do experimento, um secamento maior que o solo sob o plantio convencional. A explicação está apenas na ETR maior, devido ao índice de área foliar bem maior que no plantio convencional.

Durante todo o período, o plantio convencional apresentou maior perda d'água por escoamento superficial e drenagem profunda e o plantio adensado por evapotranspiração.

Para MARTIN et al. (1995) e NACIF (1997), a maior vantagem dos plantios adensados é o ganho de produtividade com menor custo de produção, pela utilização mais eficiente da radiação solar, da água e de minerais e, possivelmente, pelo melhor controle natural das plantas invasoras e de algumas pragas e doenças.

Com relação aos aspectos ecofisiológicos mais relevantes que devem ser considerados nos plantios de cafeeiros adensados, podem-se citar a disponibilidade de água, de luminosidade e de nutrientes minerais. KUMAR (1979) demonstrou três fatores pelos quais o adensamento não causa um balanço hídrico desfavorável: a) o sistema radicular dos plantios adensados tende a ser mais profundo, permitindo o melhor aproveitamento da água em maiores profundidades; b) o sombreamento mútuo faz com que as temperaturas foliares e as do solo sejam menores, o que resulta em menores taxas de transpiração e evaporação; c) há menor densidade de plantas

invasoras, decorrente da baixa luminosidade, o que contribui para maior economia de água.

Resultados que contrariam aos encontrados neste trabalho com o cafeeiro Acaia, 474/19, em Uberaba (MG), onde o plantio adensado apresentou maior temperatura no interior dos talhões e maior evapotranspiração.

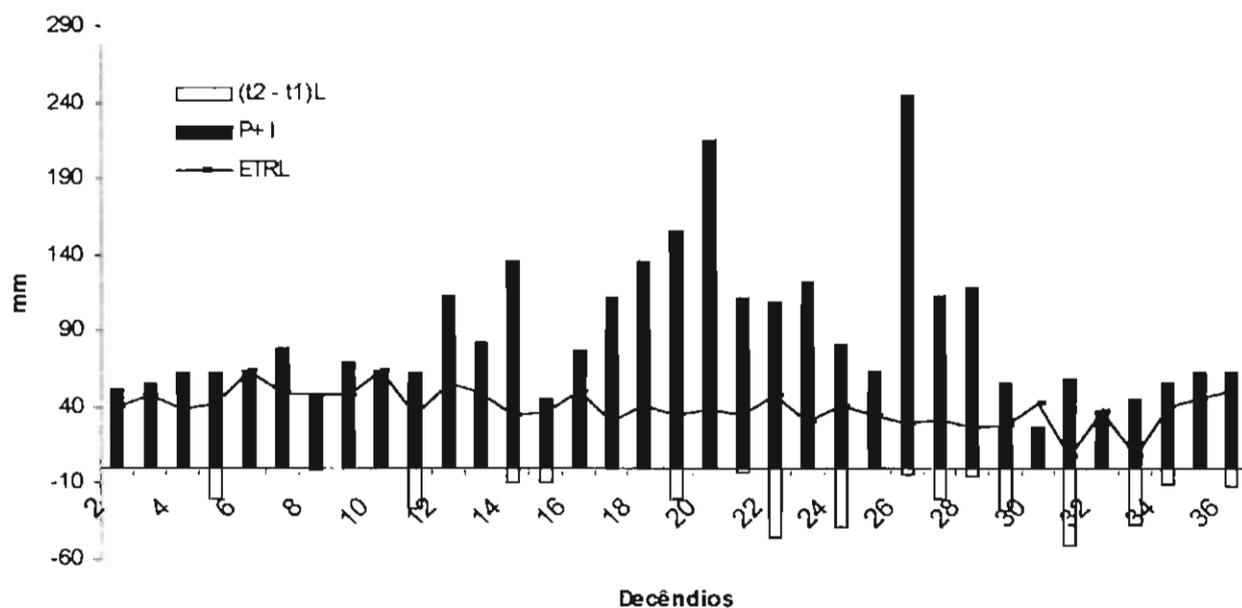


Figura 9 - Evapotranspiração real no plantio convencional (ETRL), variação no armazenamento da água no solo do plantio convencional $\{\Delta A [(t_2 - t_1) L]\}$ e precipitação + Irrigação (P+I). Café Acaia, 474/19. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

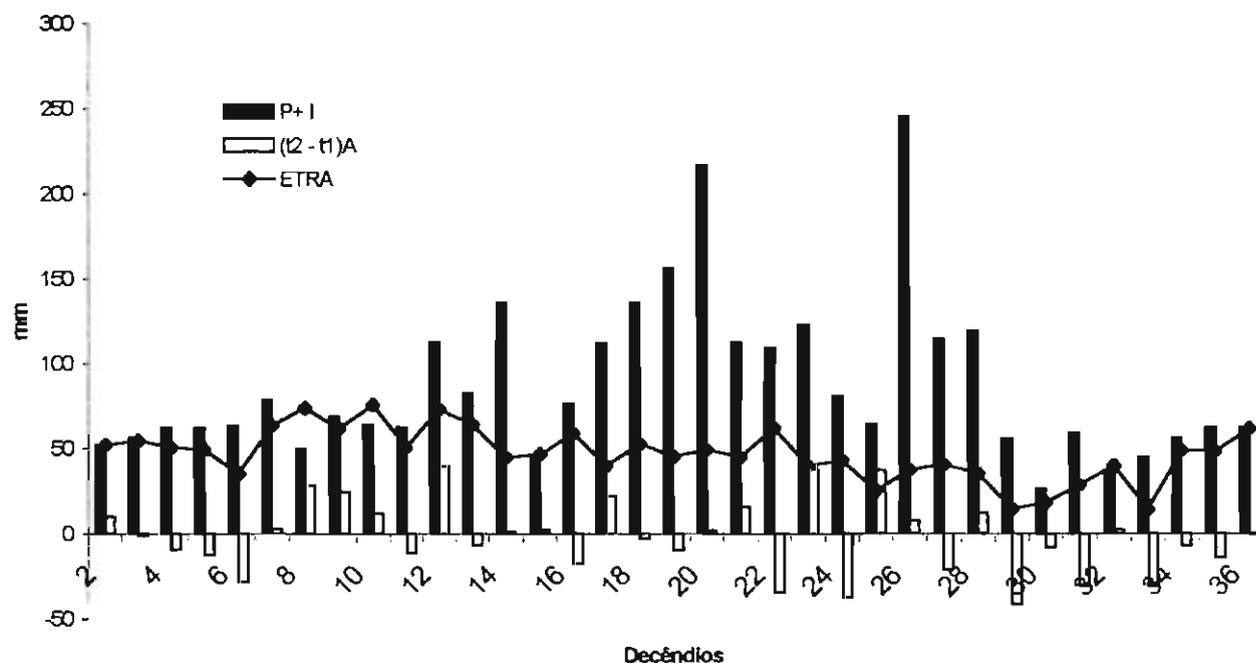


Figura 10 - Evapotranspiração real no plantio adensado (ETRA), variação do armazenamento da água no solo no plantio adensado $\{\Delta A[(t_2 - t_1)L]\}$ e a precipitação + irrigação (P+I). Café Acaia, 474/19. Uberaba 12/07/02 a 08/07/03.

Conclusões

Nas condições deste trabalho, os resultados encontrados permitem as conclusões a seguir.

O sistema de plantio adensado, apresentou em relação ao plantio convencional:

- maior evapotranspiração real e maior índice de área foliar;
- maior razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência;
- maior armazenamento de água no solo e menor variação no armazenamento de água e por isso apresentou maior capacidade de secamento;
- menor perda d'água por drenagem e escoamento superficial

Em relação aos dois sistemas de plantio dentro do período estudado observaram-se:

- nos meses de setembro a dezembro, ambos os sistemas de plantio apresentaram maior evapotranspiração real e maior velocidade de emissão de folhas e expansão foliar;
- nos meses de dezembro a março houve redução na evapotranspiração, devido à redução da velocidade de emissão de folhas e expansão foliar;
- de abril até julho a redução na evapotranspiração foi maior ainda, com os valores mais baixos do ano, devido a queda natural das folhas e nenhuma emissão de folha.

Referências

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evaporation**. Boletim 56, Rome:FAO, 1998. 301 p.

ARRUDA , F.B. Uso da água na produção agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 127, 1987. Campinas. **Anais ...**Ed. Glauco Pinto Viegas. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 177-199.

BRAGA, H.J.; VILLA NOVA. N.A. Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral sul de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, 1983. Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agromomia, 1983, p.283-309.

BRUNINI, O. **Relações solo-água-plantas em cultura de arroz em condições de sequeiro**. Piracicaba : ESALQ, 1975, 128 p. (Dissertação de Mestrado).

BRUNINI, O. Consumo hídrico e parâmetros ecológicos da cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE AGUA NA AGRICULTURA, 127, 1987. Campinas. **Anais...** Ed. Glauco Pinto Viegas. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.93-122.

CAMARGO, A.P. DE. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n.126, p.13-26, 1985.

CAMARGO, A.P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 127, 1987. Campinas. **Anais...** Ed. Glauco Pinto Viegas. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.

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

CAMARGO, A.P. DE; SANTINATO, R.; CORTEZ, J.G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de arábica no Brasil. In: CONGRESSO BRASELEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 18, 1992, Araxá. **Resumos ...** Rio de Janeiro:IBC, 1992, p.70-74.

CASSIDY, D.M.S.; KUMAR, D. Root distribution of *Coffea arabica* L. in Zimbabwe (I): The effect of plant density, mulch, cova planting and shade in Chimpinge. **Zimbabwe Journal of Agricultural Research**, v.22, sn., 119-132, 1984.

CASTRO NETO, P. **Estimativa da evapotranspiração real baseada na evapotranspiração potencial e na umidade do solo**. Viçosa/UFV, 1979, 47 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1979.

CORTEZ, J.G. Aptidão climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.27-31, 1997.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Boletim 24, Rome:FAO, 1977, 144 p.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. **Journal of horticultural science**. Brisbane, v.69, n.5, p.841-849. 1994.

JARAMILLO-ROBLEDO, A.; CHÁVES-CÓRDOBA, B. Aspectos hidrológicos em bosque y em plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) as sol y bajo sombra. **Cenicafé**, Caldas, v.50, n.2, p.97-105. 1999.

JENSEN, M.E.; **Water consumption by agricultural plants**. In: T. T. Kolowssky, water deficit and plant growth, vol. 2, Academic Press, New York. 1968.

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. **Kenia Coffee**, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.

MARTIN, N.B.; VEGRO, C.L.R.; MORICOCCHI, L. Custos e rentabilidade de diferentes sistemas de produção de café. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.8, p.36-47, 1995.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. **Cafeicultura: tecnologias de produção, gerenciamento e comercialização**. Lavras: UFLA, 2000, 1CD-ROM.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992, 84 p.

NACIF, A.P. de. **Fenologia e produtividade do cafeeiro (*coffea arabica* L) cv. Catuai sob diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes, no cerrado de Patrocínio-MG**. Viçosa:UFV, 1997, 124p. Tese(Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba : ESALQ, 1997, 183 p.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4ª ed. Piracicaba:Fundação Cargill, 1985. 445 p.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; SANTOS, J.M. dos. **An analysis of soil-water movement in the field. II Water balance in snap bean crop**. Piracicaba, ESALQ. Boletim Científico, BC-022, 1974, 19p.

SALASSIER, B. **Manual de irrigação**. 4ª ed. Viçosa:UFV, Imp. Univ. 1987. 488 p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publication in climatology, v.3, n.1. Centerton, New Jersey, 1955. 104 p.

VOLPE, C.A. **Eficiência no uso da água, resistência estomática e parâmetros aerodinâmicos da cultura do milho (*zea mays* L.)**. ESALQ. Piracicaba, 1986. 204p. (Tese Doutorado).

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1A - Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19: altura de planta (AP), em cm, diâmetro do coleto (DC), em cm, número de ramos por planta (NR), nos plantios convencional e adensado (Sp) em 12 épocas de coletas de dados (E). Uberaba, 12/ 07/2002 a 08/07/2003

Fontes de Variação	GL	Altura de Plantas		Diâmetro do Coleto		Número de Ramos	
		QM	F	QM	F	QM	F
Blocos	9	8795,84	2,03*	3,23	1,09 ^{NS}	998,94	1,01 ^{NS}
Sp	1	173076,72	39,93**	114,37	38,60**	49192,07	49,62**
Res.(a)	9	4334,98	-	2,96	-	991,31	-
Parcela	[19]	-	-	-	-	-	-
E	11	7495,27	105,91**	2,29	76,01**	644,03	262,41**
Int. SpxE	11	35,28	0,5 ^{NS}	0,12	3,83**	81,22	33,09**
Res.(b)	198	70,77	-	0,03	-	2,45	-
Média Geral		248,21cm		6,35cm		67,85	
CV (%) Parcela		26,56		27,12		46,41	
CV (%) Subparcela		3,39		2,73		2,31	

Obs.: * significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F e ** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

^{NS} não significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2A - Altura média da planta, em cm , diâmetro médio do coleto, em cm, número médio de ramos/ planta do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19, e resultados do teste de Tukey.

Parcelas	SUBPARCELAS - ÉPOCA DE MEDIÇÕES											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
ALTURA DE PLANTAS												
Adensado	244,3iA	248,3iA	255,4hA	263,4gA	269,2fgA	274,3efA	280,6deA	285,0cdA	290,1bcA	293,0abA	295,0abA	298,9aA
Largo	185,6jB	193,6iB	201,9hB	208,5gB	216,3fB	223,1eB	227,1deB	232,6cdB	238,0bcB	241,2bB	243,8abB	248,0aB
DIÂMETRO DO COLETO												
Adensado	5,2Ga	5,3fgA	5,4efgA	5,5defA	5,6cdefA	5,6cdeA	5,7bcdA	5,8bcA	5,8bcA	5,9bA	5,9abA	6,1aA
Largo	6,3iB	6,5hiB	6,7ghB	6,8fgB	6,9efgB	7,0defB	7,1cdeB	7,2cdB	7,3bcdB	7,3bcB	7,5bB	7,8aB
NUMERO DE RAMOS POR PLANTA												
Adensado	48gA	48gA	50gA	51fgA	52efA	53defA	55cdeA	56bcdA	57abcA	57abA	57abA	58aA
Largo	69jB	72iB	75hB	77gB	80gB	83fB	84eB	86deB	88cdB	89bcB	90abB	92abB

Observação: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Tabela 3A - Resumo das análises de variância dos desdobramentos das interações Sp x E para verificar os efeitos das épocas (E) dentro de cada sistema de plantio (Sp) e do sistema de plantio (Sp) dentro de cada época (E) da biometria do cafeeiro *Coffea arabica* cv. Acaia, 474/19: diâmetro do coleto (DC), em cm, número de ramos por planta (NR), peso seco dos ramos por planta (PSR), em g, número de nós por ramo (NN) e umidade de frutos (UFR), em %.

Fontes Variação	GL	Diâmetro do Coleto		Número de Ramos		Peso Sêco de Ramos		Número de Nós		Umidade de Frutos	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
E d. Sp(A)	11	0,69	23,99**	134,71	54,55**	256352,04	9,04**	56,50	36,17**	1960,23	239,30**
E d. Sp(L)	11	1,71	56,85**	589,54	240,61**	3884961,49	136,94**	115,73	74,09**	1286,10	157,00**
Resíd. (b)	198	0,03	-	2,45	-	28369,21	-	1,56	-	8,19	-
Sp d. E1	1	6,00	21,88**	2205,00	25,98**	65282,45	1,78 ^{NS}	192,20	59,64**	59,96	7,38 ^{NS}
Sp d. E2	1	7,02	25,58**	2691,20	31,71**	126190,44	3,44 ^{NS}	224,45	66,14**	13,43	1,65 ^{NS}
Sp d. E3	1	7,98	29,06**	3150,05	37,12**	213434,33	5,82*	231,20	68,13**	11,04	1,36 ^{NS}
Sp d. E4	1	8,41	30,64**	3406,05	40,14**	377968,27	10,31**	238,05	70,15**	33,36	4,11*
Sp d. E5	1	9,07	33,05**	3920,00	46,19**	500373,96	13,65**	231,20	68,13**	14,64	1,80 ^{NS}
Sp d. E6	1	9,83	35,81**	4263,20	50,24**	697402,94	19,03**	266,45	78,52**	21,57	2,66 ^{NS}
Sp d. E7	1	10,31	37,56**	4380,80	51,63**	1286365,71	35,10**	259,20	76,38**	37,16	4,57*
Sp d. E8	1	10,25	37,35**	4774,05	56,26**	2013498,98	54,94**	312,05	91,95**	68,52	8,44**
Sp d. E9	1	10,56	38,46**	5056,20	59,58**	3418809,78	93,29**	288,80	85,10**	90,53	10,14**
Sp d. E10	1	10,92	39,79**	5281,25	62,24**	6740858,94	183,93**	298,45	87,36**	94,70	11,66**
Sp d. E11	1	11,95	43,54**	5346,45	63,00**	13410175,4	385,92**	381,25	106,45**	15,57	1,92 ^{NS}
Sp d. E12	1	13,32	48,58**	5611,25	66,55**	5075240,95	138,49**	551,25	162,44**	553,14	66,09**
Resíduo(Médio)		0,27		84,86		36648,22		3,39		8,12	
GL(Resíduo Médio)		[11]		[9]		[83]		[26]		[201]	

Obs.: * significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F e ** significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F
^{NS} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 4A - Resumo das análises de variância da biometria de *Coffea arabica* cv. Acaíá, 474/19: número de nós, número de folhas, umidade foliar, em %, peso seco foliar, em g, em dois sistemas de plantio (Sp): adensado (1,0 x 0,5 m) e convencional (4,0 x 1,0 m) e em 12 épocas de coletas de dados(E). Uberaba, 12/07/2202 a 08/7/2003.

Fontes de Variação	GL	Número de nós		Número de Folhas		Umidade Foliar		Peso Seco Foliar	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Blocos	9	52,71	2,17*	1211,30	0,50 ^{NS}	7,74	1,74 ^{NS}	158245,29	0,5 ^{NS}
Sp	1	3382,50	141,39**	43713,00	18,22**	675,56	151,88**	23048081,15	72,68**
Res.(a)	9	23,54	-	2398,99	-	4,45	-	317120,00	-
Parcela	[19]	-	-	-	-	-	-	-	-
E	11	165,86	117,3**	15452,70	93,54**	292,67	159,20**	2243558,97	69,96**
Inter.SpxE	11	6,37	3,93**	1193,43	7,22**	9,86	5,36**	898972,72	27,63**
Res.(b)	198	1,56	-	165,21	-	1,84	-	32532,33	-
Média geral		25,93		54,07		66 (%)		683,19 g	
CV (%) Parcela		18,63		90,58		3,19		82,43	
CV (%) Subparcela		4,80		23,77		2,05		26,40	

Obs.: ** significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F e * significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F,

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 5A- Médias do número de nós, número de folhas, peso seco foliar, umidade foliar do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv Acaiaí, 474/19 e resultados do teste de Tukey.

Parcelas	SUBPARCELAS - ÉPOCA DE MEDIÇÕES											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
NÚMERO DE NÓS												
Adensa - do	17,9iB	19,6hiB	20,4ghB	21,0fghB	21,7efgB	22,1defgB	22,5cdefAB	22,9cdeB	23,7bcdB	24,3abcB	25,3abB	26,1aB
Largo	24,1iA	26,3hA	27,2ghA	27,9fghA	28,5fgA	29,4efA	29,7defA	30,8cdeA	31,3cdA	32,0bcA	33,8bA	36,6aA
NÚMERO DE FOLHA												
Adensa - do	15,8fA	23,5efA	26,5defA	33,6cdefA	37,0cdeB	43,9cdB	49,8cB	72,1bA	100,4aB	39,0cdeB	29,0defB	16,3fB
Largo	21,8gA	29,2fgA	41,2efA	50,0eA	58,5deA	72,8cdA	83,2bcA	96,9bA	136,7aA	96,9bA	73,2cdA	50,4eA
PESO SECO FOLIAR												
Adensa - do	150,7eA	226,3deA	251,0deB	296,0cdeB	365,6bcdeB	423,5bcdB	542,9bcB	820,4aB	590,9abB	381,0bcdeB	254,9deB	176,4deF
Largo	320,4jA	426,3ijA	502,91lA	624,9ghA	772,0fghA	956,7efA	1121,7deA	1413,6bcA	2101,6aA	1557,4bA	1232,9cdA	886,7efg.
UMIDADE FOLIAR												
Adensa - do	59,4jA	63,9hiA	64,9ghA	66,2fgA	67,6efA	69,1deA	69,7cdA	71,1bcdA	72,1bA	74,4aA	71,4dcA	62,7iA
Largo	57,8hB	61,8fgB	63,0efB	64,0deB	65,0cdeB	65,2bcdB	65,7bcdB	66,3bcB	67,3bB	69,2aB	66,7bcB	60,3gB

Observação: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste Tukey.

Tabela 6A - Resumo das análises de variância dos desdobramentos das interações Sp x E para verificar os efeitos das épocas(E) dentro de cada sistema de plantio(Sp) e do sistema de plantio (Sp) dentro de cada época (E) da biometria do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia, 474/19: área foliar (AF), em dm², número de folhas (NF), umidade foliar (UF), em %, peso sêco foliar (PSF), em g, peso sêco dos frutos (PSFr), em g.

Fontes de Variação	GL	Número de Folhas		Umidade Foliar		Peso Seco Foliar		Peso Seco de Frutos/planta	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
E d, Sp(A)	11	19049931,10	2653,41**	199,75	108,66**	406530,55	12,50**	3605384,16	
E d, Sp(L)	11	85529167,38	14769,53**	102,77	55,90**	2736001,15	84,10**	69765402,27	194,16**
Resíduo(b)	198	1027955,59	-	1,84	-	34532,33	-	359326,17	-
Sp d. E1	1	3391584,80	1,70 ^{NS}	13,84	6,73**	144032,88	2,56 ^{NS}	1264,21	0,002 ^{NS}
Sp d. E2	1	4190701,25	2,02 ^{NS}	12,18	5,93**	199982,00	3,56 ^{NS}	154938,09	0,37 ^{NS}
Sp d. E3	1	14285570,45	4,06 ^{NS}	24,00	11,68**	317242,86	5,64*	349936,32	0,94 ^{NS}
Sp d. E4	1	19365120,00	11,04**	20,40	9,92**	540787,25	9,61**	2179062,73	5,25*
Sp d. E5	1	31162561,25	15,89**	34,14	16,61**	825882,02	14,68**	5981018,76	14,42**
Sp d. E6	1	54966016,80	29,36**	77,42	37,66**	1421537,86	25,27**	11753710,52	28,34**
Sp d. E7	1	81656487,20	44,43**	93,18	45,33**	1674462,66	29,77**	23023919,04	55,51**
Sp d. E8	1	89308058,45	57,79**	114,58	55,73**	1511616,69	26,87**	39743277,40	95,82**
Sp d. E9	1	177625880,4	104,26**	118,10	57,45**	12077144,24	214,71**	69485595,59	162,52**
Sp d. E10	1	200047100,4	108,65**	136,24	66,27**	6919137,78	123,01**	192575407,4	464,27**
Sp d. E11	1	119761074,0	62,80**	111,91	54,44**	4782801,43	85,03**	109927274,9	265,02**
Sp d. E12	1	64533873,80	34,34**	28,01	13,63**	2522353,44	44,84**	104679982,0	252,37**
Resíduo(Médio)		1843585,91		2,06		56247,96		414791,05	
GL(Resíduo Médio)		[35]		[142]		[40]		[126]	

Obs.: * significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F e ** significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F
^{NS} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 7A - Resumo das análises de variância da biometria de *Coffea arabica* cv. Acaiá, 474/19: área foliar, em dm^2 , Índice de área foliar pela projeção da copa, em dois sistemas de plantio (Sp): adensado (1,0 x 0,5 m) e convencional (4,0 x 1,0 m) e em 12 épocas de medições(E). Uberaba, 12/ 07/2002 a 08/07/2003.

Fontes de Variação	GL	Área Foliar		Índice de área foliar	
		QM	F	QM	F
Blocos	9	70467,26	1,03 ^{NS}	9,57	1,51 ^{NS}
Sp	1	17187685,78	250,90**	152,82	24,19**
Res.(a)	9	68503,69	-	6,32	-
Parcela	[19]	-	-	-	-
E	11	1384270,61	1208,17**	102,59	912,99**
Inter.SpxE	11	1530928,37	425,98**	59,83	66,08**
Res.(b)	198	1145,76	-	0,11	-
Média geral		578,21 dm^2		5,48	
CV (%) Parcela		45,27		45,91	
CV (%) Subparcela		5,85		6,12	

Obs.: ** significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F e ^{NS} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 8A - Resumo das análises de variância dos desdobramentos das interações Sp x E para verificar os efeitos das épocas(E) dentro de cada sistema de plantio(Sp) e do sistema de plantio(Sp) dentro de cada época (E) da biometria do café *Coffea arabica* cv. Acaia, 474/19: área foliar (AF), em dm², índice de área foliar (IAF). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

Fontes de Variação	GL	Área Foliar		Índice de área foliar	
		QM	F	QM	F
E d, Sp(A)	11	156072,06	136,22**	61,58	548,10**
E d, Sp(L)	11	1716265,86	1497,93**	48,43	430,97**
Resíduo(b)	198	1145,76	-	0,11	-
Sp d. E1	1	38616,23	5,54 *	9,67	15,37**
Sp d. E2	1	221002,19	32,70**	7,83	12,43**
Sp d. E3	1	297399,47	44,00**	15,44	24,52*
Sp d. E4	1	476330,29	70,47**	17,90	28,43**
Sp d. E5	1	669227,45	99,01**	20,91	33,21**
Sp d. E6	1	1112438,41	164,59**	43,45	69,02**
Sp d. E7	1	1716962,42	254,42**	48,08	76,37**
Sp d. E8	1	2986284,67	441,83**	30,52	48,49**
Sp d. E9	1	4615491,04	682,87**	39,42	62,62**
Sp d. E10	1	6055039,05	895,86**	0,71	1,12 ^{NS}
Sp d. E11	1	2641612,76	390,83**	0,43	0,69 ^{NS}
Sp d. E12	1	1726022,13	255,37**	0,12	0,20 ^{NS}
Resíduo(Médio)		6758,92		0,63	
GL(Resíduo Médio)		[12]		[12]	

Obs.: * significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F e ** significativo, ao nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F
^{NS} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 9A - Área média foliar, em dm², índice de área foliar médio da planta de *Coffea arabica* L. cv. Acaiá, 474/19 e resultados do teste de Tukey. Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003.

Parcelas	SUBPARCELAS - ÉPOCA DE MEDIÇÕES											
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
ÁREA FOLIAR												
Adensa-do	136,9hB	173,3ghB	219,4fgB	252,2efB	283,5eB	304,0cdB	433,7bcB	457,5bB	541,8aB	372,0dB	262,2efB	213,7fgB
Largo	224,7jA	383,6iA	463,3hA	560,8gA	649,4fA	855,7dA	1019,7cA	1227,3bA	1503,6aA	1472,4aA	989,1cA	801,3eA
ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR												
Adensa-do	2,74hA	3,47gA	4,39fA	5,04eA	5,67dA	7,68cA	8,68bA	9,09bA	10,84aA	7,44cA	5,98dA	4,28fA
Largo	1,35hB	2,22,gB	2,63gB	3,15fB	3,63efB	4,73dB	5,57cB	6,62bB	8,03aA	7,81aA	6,27bA	4,12eA

Observação: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Tabela 10A - Resumo das análises de variância da biometria do cafeeiro *Coffea arabica* cv. Acaia, 474/19: peso seco de frutos (PSFr), em g/planta, umidade de frutos (UFr), em %, peso seco dos ramos (PSR), em g, em dois sistemas de plantio (Sp): convencional (4,0 x 1,0 m) e adensado (1,0 x 0,5 m) e em 12 épocas de medições (E). Uberaba, 12/07/2002 a 08/07/2003.

Fontes de Variação	GL	Peso Sêco de Frutos/planta		Umidade de Frutos		Peso Seco de Ramos/planta	
		QM	F	QM	F	QM	F
Blocos	9	1355629,91	1,32 ^{NS}	11,22	1,52 ^{NS}	162508,74	1,27 ^{NS}
Sp	1	32484632,74	316,95**	154,26	20,92**	21717158,44	170,04**
Res.(a)	9	1024904,78	-	7,37	-	127717,25	-
Parcela	[19]	-	-	-	-	-	-
E	11	52002699,71	144,72**	3168,21	386,76**	3031455,19	106,86**
Int. SpxE	11	21368086,72	59,47**	78,12	9,54**	1109858,34	39,12**
Res.(b)	198	359326,17	-	8,19	-	28369,21	-
Média Geral		1939,1 g	1147,93	69,50%		754,42 g	
CV (%) Parcela		57,64	71,40	3,91		47,37	
CV (%) Subparcela		43,68	29,55	4,12		22,33	

Obs.: * significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F e ** significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F
^{NS} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 11A - Peso seco médio dos frutos, em g, umidade média dos frutos, em % , peso seco médio de ramos, em g, do cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acalá, 474/19 e resultados do teste de Tukey. Uberaba 12/07/2002 a 08/07/2003

SUBPARCELAS - ÉPOCAS DE MEDIÇÕES												
Parcelas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
PESO SECO DE FRUTOS/PLANTA												
Adensado	17,8cd A	86,8d A	237,7cd A	303,2cd B	382,1cd B	641,8bcd B	833,7bcd B	1051,1bc B	1422,5ab B	1950,7a B	1366,4ab B	858,2bcd B
Largo	33,7i A	262,8hi A	517,0hi A	963,4gh A	1475,8fg A	2175,1ef A	2979,6e A	3870,4d A	5150,4c A	8156,5a A	6055,3b A	5433,8bc A
UMIDADE DE FRUTOS												
Adensado	64,4f A	74,1cde A	78,1bc A	81,1ab A	83,3a A	84,2a A	76,0cd A	73,1de A	70,3e A	65,9f A	59,4g A	33,1h B
Largo	61,0f B	72,5cd A	76,6bc A	78,5ab B	81,6a A	82,2a A	73,3cd B	69,4de B	66,0e B	61,5f B	57,6f A	43,6g A
PESO SECO RAMOS												
Adensado	207,4f A	263,1ef A	306,6def B	365,0cdef B	404,6bcdef B	453,6bcdef B	477,5bcdef B	513,5bcd B	570,8abc B	615,1ab B	782,8a B	483,3bcde B
Largo	321,7i A	422,0hi A	513,2ghi A	640,0fgh A	721,0efg A	827,1ef A	984,7de A	1148,1d A	1397,7c A	1779,2b A	2420,5a A	1490,8c A

Observação: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

APÊNDICE B

Tabela 1B - Análise de variância da umidade do solo em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ no plantio adensado (1,0 x 0,5 m) e largo (4,0 x 1,0 m) em 36 decêndios. Fazenda Escola da Universidade de Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos	9	0,1155	0,0128	1,16 ^{NS}
Sistema de plantio (Sp)	1	0,2307	0,2307	20,91 ^{**}
Resíduo (a)	9	0,0993	0,0110	
(Parcela)	(10)	(0,4455)		
Decêndios (D)	35	1,7835	0,0510	8,13 ^{**}
Interação (Sp x D)	35	0,4889	0,0140	2,23 ^{**}
Resíduo (b)	630	3,9476	0,0063	
Total	719	6,6654		
Média geral	0,1897			
CV (%) Parcela	55,28			
CV (%) Subparcela	41,73			

Obs.: ** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2B - Análise de variância dos desdobramentos das interações (Sp x D) para verificar os efeitos dos decêndios dentro dos sistemas de plantio.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
D. d. plantio adensado	35	1,2616	0,0360	5,7526 ^{**}
D. d. plantio largo	35	1,0108	0,0289	4,6087 ^{**}

Obs.: ** significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F

Tabela 3B - Análise de variância dos desdobramentos das interações (Sp x D) para verificar os efeitos dos sistemas de plantio dentro dos decêndios.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Sp d. decêndio 1	1	0,00489	0,00489	0,76081 ^{NS}
Sp d. decêndio 2	1	0,03766	0,03766	5,85645*
Sp d. decêndio 3	1	0,02602	0,02602	4,04619*
Sp d. decêndio 4	1	0,01863	0,01863	2,89658 ^{NS}
Sp d. decêndio 5	1	0,02434	0,02434	3,78460 ^{NS}
Sp d. decêndio 6	1	0,00623	0,00623	0,96812 ^{NS}
Sp d. decêndio 7	1	0,00158	0,00158	0,24635 ^{NS}
Sp d. decêndio 8	1	0,01424	0,01424	2,21415 ^{NS}
Sp d. decêndio 9	1	0,40993	0,40993	63,75319**
Sp d. decêndio 10	1	0,04415	0,04415	6,86672**
Sp d. decêndio 11	1	0,06566	0,06566	10,21213**
Sp d. decêndio 12	1	0,01628	0,01628	2,51649 ^{NS}
Sp d. decêndio 13	1	0,00203	0,00203	0,31540 ^{NS}
Sp d. decêndio 14	1	0,00530	0,00530	0,82483 ^{NS}
Sp d. decêndio 15	1	0,00148	0,00148	0,23048 ^{NS}
Sp d. decêndio 16	1	0,00131	0,00131	0,20420 ^{NS}
Sp d. decêndio 17	1	0,00795	0,00795	1,23624 ^{NS}
Sp d. decêndio 18	1	0,00004	0,00004	0,00604 ^{NS}
Sp d. decêndio 19	1	0,00105	0,00105	0,16299 ^{NS}
Sp d. decêndio 20	1	0,00064	0,00064	0,10016 ^{NS}
Sp d. decêndio 21	1	0,00058	0,00058	0,09020 ^{NS}
Sp d. decêndio 22	1	0,00289	0,00289	0,44868 ^{NS}
Sp d. decêndio 23	1	0,00295	0,00295	0,45894 ^{NS}
Sp d. decêndio 24	1	0,00356	0,00356	0,55381 ^{NS}
Sp d. decêndio 25	1	0,00019	0,00019	0,03017 ^{NS}
Sp d. decêndio 26	1	0,00220	0,00220	0,34261 ^{NS}
Sp d. decêndio 27	1	0,00169	0,00169	0,26221 ^{NS}
Sp d. decêndio 28	1	0,00830	0,00830	1,29051 ^{NS}
Sp d. decêndio 29	1	0,00323	0,00323	0,50296 ^{NS}
Sp d. decêndio 30	1	0,00017	0,00017	0,02597 ^{NS}
Sp d. decêndio 31	1	0,00203	0,00203	0,31602 ^{NS}
Sp d. decêndio 32	1	0,00044	0,00043	0,06765 ^{NS}
Sp d. decêndio 33	1	0,00003	0,00003	0,00396 ^{NS}
Sp d. decêndio 34	1	0,00002	0,00002	0,00342 ^{NS}
Sp d. decêndio 35	1	0,00187	0,00187	0,29129 ^{NS}
Sp d. decêndio 36	1	0,00015	0,00015	0,02333 ^{NS}
Resíduo médio	595		0,00643	

Obs.: * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1% de probabilidade e NS não significativo pelo teste F

Tabela 4B - Umidade média do solo, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, por decêndio em dois sistemas de plantio e resultado do teste de Tukey. Uberaba, 12/07/02 a 08/07/03.

Decêndio	Período	Sp Adensado (A)	Sp Largo(L)
1	12/07 - 22/07	0,19 Abcdefgh	0,16 Aa
2	22/07 - 01/08	0,21 Abcdefgh	0,12 Ba
3	01/08 - 11/08	0,20 Abcdefgh	0,12 Ba
4	11/08 - 21/08	0,18 Abcdefgh	0,12 Aa
5	21/08 - 01/09	0,17 Abcdefgh	0,10 Ba
6	01/09 - 11/09	0,13 Adefgh	0,10 Aa
7	11/09 - 21/09	0,14 Acdefgh	0,12 Aa
8	21/09 - 01/10	0,17 Abcdefgh	0,12 Aa
9	01/10 - 11/10	0,41 Aa	0,12 Ba
10	11/10 - 21/10	0,22 Abcdefg	0,12 Ba
11	21/10 - 31/10	0,20 Abcdefgh	0,09 Ba
12	31/10 - 10/11	0,25 Abcd	0,19 Aa
13	10/11 - 20/11	0,24 Abcde	0,22 Aa
14	20/11 - 30/11	0,24 Abcde	0,24 Aa
15	30/11 - 10/12	0,22 Abcdefg	0,22 Aa
16	10/12 - 20/12	0,22 Abcdefg	0,25 Aa
17	20/12 - 30/12	0,25 Abcd	0,21 Aa
18	30/12 - 09/01	0,25 Abcd	0,24 Aa
19	09/01 - 19/01	0,23 Abcdef	0,22 Aa
20	19/01 - 29/01	0,24 Abcde	0,25 Aa
21	29/01 - 08/02	0,26 Abc	0,25 Aa
22	08/02 - 18/02	0,21 Abcdefgh	0,19 Aa
23	18/02 - 28/02	0,26 Abc	0,24 Aa
24	28/02 - 10/03	0,21 Abcdefgh	0,19 Aa
25	10/03 - 20/03	0,26 Abc	0,25 Aa
26	20/03 - 30/03	0,27 Ab	0,25 Aa
27	30/03 - 09/04	0,24 Abcde	0,22 Aa
28	09/04 - 19/04	0,26 Abc	0,22 Aa
29	19/04 - 29/04	0,21 Abcdefgh	0,18 Aa
30	29/04 - 09/05	0,20 Abcdefgh	0,20 Aa
31	09/05 - 19/05	0,16 Abcdefgh	0,14 Aa
32	19/05 - 29/05	0,16 Abcdefgh	0,17 Aa
33	29/05 - 08/06	0,12 Aefgh	0,12 Aa
34	08/06 - 18/06	0,11 Aefgh	0,11 Aa
35	18/06 - 28/06	0,10 Agh	0,11 Aa
36	28/06 - 08/07	0,09 Ah	0,10 Aa

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal (sistema de plantio) e pela letra minúscula na vertical (decêndio) não diferem entre si pelo teste de Tukey.

