

INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL

AVALIAÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM CAFEZAIS NOS
SISTEMAS DE MONOCULTIVO E ARBORIZADOS COM
SERINGUEIRA E COQUEIRO-ANÃO NA REGIÃO DE
MOCOCA-SP

LUIS SÉRGIO DE PAIVA VALENTINI

Orientador: Dr. MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO
Co-orientador: Dr. GLAUCO SOUZA ROLIM

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola.

Campinas, SP
Abril 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agrônomo

V156a Valentini, Luis Sérgio de Paiva
Avaliações microclimáticas em cafezais nos sistemas de monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa – SP / Luis Sérgio de Paiva Valentini. Campinas, 2009. 58 fls.

Orientador: Marcelo Bento Paes de Camargo
Co-orientador: Glaucio Souza Rolim
Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola)
– Instituto Agrônomo

1. Café arábica 2. Seringueira 3. Coqueiro-anão 4. Microclimática monocultivo arborizado I. Camargo, Marcelo Bento Paes de II. Rolim, Glaucio Souza III. Título

CDD. 633.73



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA
DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO AGRONÔMICO
Pós-Graduação
Av. Barão de Itapura 1481 Caixa Postal 28
13001-970 Campinas, SP - Brasil
(019) 3231-5422 ramal 194
pgiac@iac.sp.gov.br



Curso de Pós-Graduação
Agricultura Tropical e Subtropical
Certificado de Aprovação

Título: Avaliações microclimáticas em cafezais nos sistemas de monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa - SP

Aluno: Luis Sergio de Paiva Valentini

Área de Concentração: Tecnologia da Produção Agrícola

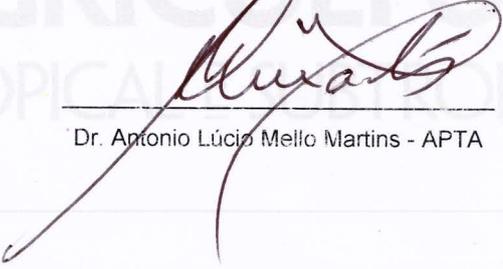
Processo SAA nº: 12181/07

Orientador: Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo

Aprovado pela Banca Examinadora:

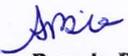

Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo - IAC


Dra. Angélica Garofola - INPE


Dr. Antonio Lúcio Mello Martins - APTA

Campinas, 29 de abril de 2009

Visto:


Adriana Parada Dias da Silveira
Coordenadora
Pós-Graduação Instituto Agrônomo

“Ninguém escapa das derrotas. Por isso, é melhor perder alguns combates na luta por seus sonhos que ser derrotado sem saber por que você está lutando “

Paulo Coelho

Ao meu pai, Mario Sérgio Valentini, por ter
acreditado e patrocinado meus estudos
sem esse apoio nada disso seria possível.

DEDICO

A minha mãe Sarah e meu irmão Ne e toda
minha família principalmente a minha
avó Irma Paiva(in memória), pelo exemplo
de vida.

Aos meus professores, pelos ensinamentos,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela minha vida e por ter me dado forças durante o curso;
- Ao pesquisador Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo pelo qual me orgulho em tê-lo como orientador e amigo, pela paciência e confiança depositada em mim, e pelos ensinamentos que levarei por toda minha vida;
- Ao pesquisador Dr. Glauco de Souza Rolim; pela sua dedicação e ensinamentos com meu co-orientador durante a elaboração desta dissertação;
- Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, pela oportunidade para a realização do curso;
- Aos professores e funcionários da PG-IAC e ao Comitê de Pós-Graduação, pela dedicação ao curso e contribuição para minha formação profissional;
- Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do IAC – Climatologia, pela oportunidade de realização deste trabalho e aos pesquisadores e funcionários dos centros pelo apoio e amizade.
- Ao pesquisador Dr. Antonio Lucio Mello Martins e todos os funcionários do Pólo Regional Tecnológico do Agronegócio do Centro Norte /Apta Regional –Pindorama-SP, pelo incentivo e oportunidade;
- Ao pesquisador, Roberto Molinari Peres pelo incentivo e oportunidade;
- Aos membros da banca pelas valiosas sugestões visando o aprimoramento desse trabalho;
- Aos meus pais Mario Sergio Valentini e Sarah M. Dalvia de Paiva e meu irmão Mario Sergio Valentini Junior (Ne) por acreditarem em mim e por me darem suporte durante os estudos;
- A todos meus amigos da Pós-Graduação. Vocês fazem parte de uma fase muito importante e inesquecível da minha vida;
- Aos meus amigos por sempre estarem ao meu lado nas horas mais difíceis e nos momentos de alegria.
- Aos meus familiares, avós, tios e primos, que sempre torceram por mim e me acompanharam em todas as etapas da minha vida;

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 O cafeeiro (<i>Coffea arábica</i> L.).....	03
2.2 Arborização na América Latina.....	04
2.3 Arborização no Brasil.....	05
2.4 Espécies Arbóreas.....	05
2.5 Vantagens e desvantagens o sistema de arborização.....	06
2.6 Aspectos microclimáticos de cultivos arborizados.....	08
2.7.Temperatura do ar.....	09
2.8 Umidade Relativa(UR%).....	11
2.9 Vento($m s^{-1}$).....	12
2.10 Aspectos relacionados ao manejo e produtividade.....	13
3 Material e métodos.....	15
3.1.Caracterização Microclimatica.....	15
3.2.Variabilidade espacial da temperatura do ar e folhas.....	18
3.3.Índices de produção.....	18
3.4 Balanço hídrico.....	19
4. Resultados e discussão.....	20
4.1.Balanço hídrico.....	20
4.2.Acompanhamento do desenvolvimento fenológico dos cultivos.....	22
4.3.Avaliação dos índices de produção dos cultivos.....	23
4.4 Temperaturas Máximas.....	24
4.5 Temperaturas Mínimas.....	26
4.6 Temperaturas Médias.....	28
4.7 Amplitude térmica.....	31
4.8 Variação de temperatura horária.....	35
4.9 Velocidade do vento($m s^{-1}$).....	40
4.10 Umidade relativa(UR%).....	45
5 Conclusões.....	50
6 Referências Bibliográficas.....	51

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1 - Produtividades (sacos/ha) de café a pleno sol e arborizados com seringueira, e coqueiro anão obtidos no ano agrícola 2007/08 em Mococa, SP. As letras correspondem ao teste t a 5% de probabilidade.. 24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação esquemática das parcelas de café em sistema de monocultivo (a) e consorciado com coqueiro-anão (b) e seringueira (c).....	16
Figura 2 -	Estações meteorológicas automáticas instaladas nas parcelas experimentais consorciadas com coqueiro anão (a), seringueira (b) e sem consórcio (solteiro) (c).....	17
Figura 3 -	Representação esquemática da posição de instalação de sensores na parcela consorciada com coqueiro-anão verde (esquerda) e seringueira (direita).....	17
Figura 4 -	Representação esquemática da parcela útil para fins de avaliação de produção (esquerda) e detalhamento da posição individual de plantas de café dentro da parcela consorciada (direita), em consórcio de 8x8m (acima) e 16x16m (abaixo) (Modificado de Pezzopane et al., 2003).....	19
Figura 5 -	Balanco hídrico seqüencial a nível decendial da área experimental em Mococa-SP, nos anos agrícolas de 2006/07 (A) e 2007/08 (B).....	22
Figura 6 -	Relação da temperatura máxima diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. Seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare).....	25
Figura 7 -	Relação da temperatura mínima diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare).....	27
Figura 8 -	Relação da temperatura média diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. Seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare).....	29
Figura 9 -	Amplitude térmica durante um dia Nublado de Verão03/01/2007(A) e um dia Limpo de Verão15/02/2007(B).....	31
Figura 10 -	Amplitude térmica durante um dia nublado de Outono 20/03/2007(C) e um dia Limpo de Outono 29/03/2007(D).....	32
Figura 11 -	Amplitude térmica durante um dia Limpo de Inverno 10/07/2007 (E) e	

um dia Nublado de Inverno 24/07/2007 (F).....	33
Figura 12 - Amplitude térmica durante um dia Nublado de Primavera 24/10/2007 (G) e um dia Limpo de Primavera 18/11/2007 (H).....	34
Figura 13 - Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 03/01/2007(A) e em dia limpo de verão 15/02/2007 (B).....	36
Figura 14 - Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 20/03/2007(C) e em dia limpo de outono 29/03/2007 (D).....	37
Figura 15 - Temperatura horária do ar em °C em dia limpo 10/07/2007 (E) e em dia nublado de inverno 24/07/2007 (F).....	38
Figura 16 - Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 24/10/2007 (G) e em dia limpo de primavera 18/11/2007 (H).....	39
Figura 17 - Velocidade do vento em dia nublado 03/01/2007 (A) e em dia limpo de verão 15/02/2007 (B).....	41
Figura 18 - Velocidade do vento em dia limpo 29/03/2007 (C) e em dia nublado de outono 20/03/2007 (D).....	42
Figura 19 - Velocidade do vento em dia limpo 10/07/2007 (E), e em dia nublado de inverno 24/07/2007 (F).....	43
Figura 20 - Velocidade do vento em dia limpo 18/11/2007 (G) e em dia nublado de primavera 24/10/2007 (H).....	44
Figura 21 - Umidade Relativa (UR%) em dia nublado 03/01/2007 (A) e em dia Limpo de Verão 15/02/2007 (B).....	46
Figura 22 - Umidade Relativa (UR%) em dia Limpo de Outono 29/03/2007(C) e em dia Nublado de Outono 20/03/2007(D).....	47
Figura 23 Umidade Relativa (UR%) em dia Limpo de Inverno 10/07/2007 (E) e em dia Nublado de Inverno 24/07/2007 (F).....	48
Figura 24 Umidade Relativa (UR%) em dia limpo de Primavera 18/11/2007 (G) e em dia Nublado de Primavera 24/10/2007 (H).....	49

VALENTINI; Luis Sergio de Paiva. **Avaliações microclimáticas em cafezais nos sistemas de monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP.** 2009, 58f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

RESUMO

A técnica de cultivos consorciados ou arborizados de cafezais visa mitigar as adversidades meteorológicas extremas podendo atenuar os possíveis cenários de aquecimento global. O trabalho teve como objetivo obter informações sobre as interações físicas e biológicas em diferentes escalas de tempo e espaço, de agrossistemas arborizados de café em comparação com sistema de monocultivo, ou seja a pleno sol. Foram realizadas avaliações em experimento de campo, implantado em 1999 no município de Mococa, representativo de uma das mais importantes regiões produtoras de café do Estado de São Paulo. As parcelas experimentais possuíam 1600 m², onde foram avaliados cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Icatu Vermelho IAC 4045, cultivados a pleno sol e em sistemas arborizados com seringueira (16x16m) e coqueiro-anão (8x8m). Durante os anos de 2006/07 e 2007/08 foram realizados estudos relacionados à caracterização microclimática, visando identificar as plantas de sombra de baixo nível de competição apropriadas para cultivo arborizado de café. A caracterização microclimática abordou medições e análises de variabilidade espacial de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento dentro dos sistemas a pleno sol e arborizados. Foram avaliados ainda aspectos relativos à produtividade dos sistemas. O tratamento com arborização com seringueira foi o que apresentou melhor desempenho para reduzir a temperatura máxima em até 3°C durante as horas mais quentes do dia, especialmente durante as estações mais quentes do ano. Em dias nublados os resultados foram semelhantes entre os tratamentos arborizados com seringueira e coqueiro. Maiores valores de amplitude térmica foram observados no talhão de café a pleno sol. O tratamento com arborização do cafezal ajuda a manter a temperatura mais constante, com menor variação durante o dia. O sistema de arborização minimiza os efeitos de geadas já que o tratamentos arborizados elevam a temperatura do ar em até 2 °C nas horas mais frias do dia. O tratamento arborizado com seringueira mostrou-se mais eficiente na redução da velocidade do vento em todas as estações do ano. Sistemas arborizados apresentam valores de umidade relativa mais elevados em comparação com o sistema a pleno sol, que podem favorecer a ocorrência

de doenças fúngicas. Em regiões consideradas climaticamente marginais quanto à temperatura média, maior será os benefícios da arborização sobre o cultivo do café.

Palavras-chave: microclima, *Coffea arabica*, seringueira, coqueiro-anão, temperatura do ar, arborização

VALENTINI, Luis Sergio de Paiva. **Microclimate evaluations in unshaded and arborized arabica coffee (*Coffea arabica* L.) crop systems in Mococa region, state of Sao Paulo, Brazil.** 2009, 58f. Dissertation (MSc in Tropical and Subtropical Agriculture) – Pos-Graduate Course – IAC.

ABSTRACT

The technique of arborized coffee crops seeks to lessen the extreme climatic adversities that could lessen the possible sceneries of global warming. This work seeks to obtain information about biological and physical interactions in different seasons and space variability in shaded agro-systems of coffee cultivation compared to the unshaded cultivation system. Evaluations were accomplished in field experiment, implanted in 1999 in the municipal district of Mococa, representative of one of the most important coffee producing areas of the State of São Paulo, Brazil. The experimental portions possessed 1600 m², where the coffee plants, cv. Icatu Vermelho IAC 4045, were cultivated unshaded and arborized systems with rubber tree (16x16m) and dwarf coconut palm (8 X 8m). During the years of 2006/07 and 2007/08 studies related to the characterization microclimate were accomplished, seeking to identify the plants of shadow of low competition level adapted for arborized coffee cultivation. The microclimate characterization approached measurements and analyses of space variability of air temperature, relative humidity and wind speed inside the different systems. Aspects concerning coffee productivity of the systems were also evaluated. The treatment arborized with rubber tree presented better acting to reduce the maximum air temperature up to 3°C during the hottest hours of the day, especially during the spring and summer seasons. In cloudy days the results were similar among the between treatments with rubber tree and coconut tree. Higher values of air temperature range were observed in unshaded coffee treatment. The treatment with arborized coffee plantation helps to maintain the air temperature more constant, with less variation during the day. The arborized systems minimize the frost effect as they raise the air temperature up to 2°C in the coldest hours of the day. The treatment shaded with rubber trees was more efficient in reducing the wind speed during all the seasons. Arborized coffee systems have a higher relative humidity compared to unshaded coffee system, which ones can favor the occurrence of fungal diseases. In regions considered climatically marginal's as the mean air temperature, the greater will be the benefits of arborization system on the coffee crop.

Key-words: microclimate, *Coffea Arabica* L., rubber tree, dwarf coconut palm, air temperature, arborization, shaded.

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma planta originária da Etiópia, onde se desenvolveu sob ambiente de sub-bosques de sombra moderada e sua adaptação neste ecossistema indica ser uma planta não tolerante a temperaturas extremas. No Brasil, o cultivo do café arábica se desenvolveu extensivamente em ambiente a pleno sol. Estes agrossistemas, predominantes também no Estado de São Paulo, apresentam cultivares selecionados para alta produtividade, desde que se faça uso intensivo de insumos, cultivadas basicamente em monocultivo em área extensas, de composição homogênea, sem mecanismos de auto-regulação e equilíbrio.

Esse tipo de exploração proporcionou em algumas regiões um caráter nômade da cafeicultura, apresentando como principais problemas a baixa produtividade, lavouras decadentes, alto custo de produção e baixo nível de adoção tecnológica, agravados por condições climáticas extremas, como ocorrência de geadas, secas prolongadas com ocorrência de temperaturas elevadas. Como conseqüência pode ser citada as grandes extensões de solos erodidos e desequilibrados e a ocorrência generalizada de nematóides nas lavouras, propiciando uma cafeicultura marginal e com baixa sustentabilidade. Nessas condições os problemas nutricionais se tornam críticos, acentuando a bienalidade da produção, prejudicando e levando até a erradicação das lavouras.

As regiões cafeeiras do mundo apresentam condições ecológicas muito distintas, sugerindo que o comportamento desta rubiácea não é idêntico em todas as áreas produtoras e os resultados experimentais frequentemente não concordam entre si ou são diametralmente opostos. As espécies do gênero *Coffea* mostram uma ampla margem de adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas (CARVAJAL, 1984).

O Brasil é o maior produtor mundial há mais de 150 anos e o café teve uma grande influência na formação do país como Campinas, Ribeirão Preto, Londrina entre outras. Atualmente o agronegócio do café envolve diretamente e indiretamente milhões de pessoas em uma cadeia produtiva que vai do campo à xícara (COELHO, 2002; RUFINO, 2003).

O retorno econômico da cafeicultura para essas regiões paulistas necessita de novas tecnologias e sistemas sustentáveis e mais produtivos. Para tanto tem sido sugeridas novas cultivares, melhor distribuição espacial de plantas, menor exposição do

solo, correção dos solos e exploração da cultura em outros tipos de sistema de produção, como os cultivos consorciados ou arborizados.

A proposta de cultivos consorciados ou arborizados busca, por meio do sombreamento moderado, atenuar as ocorrências climáticas extremas e proporcionar maior sustentabilidade aos sistemas. Eles proporcionam ainda a agregação de uma fonte de renda extra para os cafeicultores e melhor aproveitamento da mão-de-obra durante o ano, benefício de grande importância para a agricultura familiar. Diante dessa análise é possível vislumbrar o grande potencial para a utilização da técnica de consorciação, principalmente em áreas de pequena extensão, onde ocorrerão incrementos na produtividade e na sustentabilidade da produção.

A função da arborização não é, na verdade, sombrear o cafezal. O grande benefício é a proteção dos cafeeiros contra os danos da intempérie, como os causados pelo vento frio predominante, pelos extremos de temperatura, pela chuva violenta, pela deficiência hídrica prolongada, pela erosão e desgastes do solo, etc. (ROBINSON, 1964).

O estudo das interações microclimáticas entre os componentes de um agrossistema e o ambiente, além da análise de crescimento e dos fatores de produção, é critério básico para as definições da viabilidade de cultivos consorciados na agricultura. A técnica da arborização pode também se tornar fundamental para a sustentabilidade da cafeicultura frente aos diferentes cenários de aquecimento global (ASSAD et al., 2004) devido às mudanças climáticas.

Embora comum em diversos países, a prática agro-florestal de arborização de cafezais não é utilizada extensivamente nas principais regiões cafeeiras no Brasil. A redução de produtividade devido ao sombreamento proporcionado pelas árvores é apontada como a razão principal para a não adoção dessa prática (LAZZARINI, 1962; DAMATTA; RENA, 2002). Entretanto, o efeito da arborização de cafezais ainda é assunto polêmico, pois em determinadas situações pode-se encontrar cafeeiros arborizados produzindo satisfatoriamente e até mesmo mais que os cultivados a pleno sol.

Apesar da importância dos sistemas agro-florestais, constata-se um reduzido esforço de pesquisa na sua avaliação econômica. De maneira geral, segundo RODRIGUEZ (1992), existiam disponíveis, até o início da década de 1990, poucas pesquisas sobre sistemas agroflorestais, que se concentravam, sobretudo em aspectos

técnicos e biológicos. No Brasil, há a necessidade de se promover uma avaliação socioeconômica dos sistemas já utilizados nas suas diversas regiões.

Em função do baixo índice de cobertura florestal verificado por SANTOS (1993) na região norte do Paraná (cerca de 3%), a madeira tornou-se um produto escasso e os quebra-ventos são hoje uma fonte de matéria-prima importante para as serrarias da região. Apesar disso, os proprietários rurais muitas vezes desconhecem o valor da madeira, o que justifica a necessidade de quantificar os benefícios diretos decorrentes da exploração dos quebra-ventos

Além disso, tais sistemas podem ser utilizados para a recuperação de solos degradados (REINERT, 1998; MENDONÇA et al., 2001) ou como zona tampão, protegendo remanescentes florestais e, principalmente matas ciliares, dos impactos de atividades antrópicas das áreas adjacentes com agricultura tradicional (MARTINS, 2001).

Os sistemas agroflorestais consistem em formas de se imitar a natureza, onde diversas espécies vivem consorciadas, necessitando umas das outras para seu pleno desenvolvimento, tendo interações ecológicas e econômicas significativas entre os componentes (GOTSCH, 1995).

Assim, os objetivos do trabalho foram:

Quantificar as modificações microclimáticas, com ênfase em temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, em diversas escalas de tempo e espaço, nos diferentes agrossistemas consorciados de cultivos de café em comparação com sistema de monocultivo.

Avaliar também as alterações fenológicas e de produção nos cultivos consorciados de café em comparação com o sistema de monocultivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

A primeira denominação botânica do cafeeiro foi *Jasminum arabicum laurifolia*, incluído na família Oleaceae por Antoine de Jussieu em 1714. Linnaeus descreveu o gênero *Coffea* em 1737 e a espécie *Coffea arabica* em 1753, nome que predomina até hoje (WRIGLEY, 1988).

Das diversas espécies de *Coffea* descritas apenas duas possuem importância econômica, *C. arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* Pierre (café robusta). Cerca de 70% do café comercializado no mundo é arábica, de melhor qualidade. No Brasil, a maior parte, cerca de 80%, do café plantado é arábica (BARROS et al., 1995; MATIELLO et al., 2002)

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma planta Rubiaceae, originária dos altiplanos da Etiópia próximas à linha equatorial, em latitudes variáveis entre 6° e 9° N, onde se desenvolveu sob ambiente de sub-bosques de sombra moderada. Em função disso, tem necessidade regular a quantidade de umidade no ar e no solo, e sua adaptação neste ecossistema indicam ser uma planta não tolerante a temperaturas extremas. No Brasil, o cultivo do café arábica se desenvolveu extensivamente em ambiente a pleno sol, devido às latitudes mais elevadas e altitudes inferiores do que a região de origem. Estes agrossistemas, predominantes também no Estado de São Paulo, apresentam cultivares selecionadas para alta produtividade, desde que se faça uso intensivo de insumos, cultivadas basicamente em monocultivo em área extensas, de composição homogênea, sem mecanismos de auto-regulação e equilíbrio.

2.2 Arborização na América Latina

A utilização da técnica da arborização para a produção de café é uma tecnologia aplicada em vários países da América Latina, como México, El Salvador e Costa Rica (BARRADAS & FANJUL, 1986; BEER, 1987; SCHALLER et. al.; 2003, VAAST et al., 2004).

A arborização é um recurso para diversificar as lavouras tradicionais, sendo comum em países produtores de café da América Latina, tais como Colômbia, Venezuela, Costa Rica, Panamá e México. As espécies mais comuns são leguminosas, como ingá (*Inga* sp.) e *Erythrina poeppigiana*, fruteiras, como a banana (*Musa* spp.) e os citros (*Citrus* spp.), e espécies madeiráveis, como feijão-louro (*Cordia alliodora*) e cedro (*Cedrela odorata*) (BEER, 1997).

Pesquisas recentes demonstram uma relação positiva entre os níveis de sombreamento e produção de frutos de café (SOTO-PINTO et al., 2000).

2.3 Arborização no Brasil

No Brasil, os estudos iniciais com consorciação (FRANCO & INFORZATO, 1951; CARVALHO et al., 1961), realizados com sombreamento de cafezais com (*Inga* spp.), desestimularam o uso da técnica, pois os tratamentos apresentavam níveis muito elevados de sombra e elevada competição entre as espécies. Nessas condições, ocorreu maior diferenciação de gemas vegetativas em relação às gemas reprodutivas, provocando um decréscimo na produtividade.

Posteriormente, nas décadas de 70 e 80, a utilização de outras espécies e níveis de sombreamento proporcionou a reutilização dessa técnica, agora denominada *arborização*, em algumas regiões do Brasil. Na Região Centro-sul, embora haja predomínio do cultivo de café a pleno sol, a utilização do cultivo arborizado tem aumentado (BAGGIO et al. 1997). No Nordeste, durante a década de 80, a arborização foi prática tradicional e muito utilizada (MATIELLO et al., 1989), favorecendo o desenvolvimento vegetativo e a produtividade em longo prazo.

No Brasil, resultados dos trabalhos de MATIELLO et al. (1989), DANTAS et al. (1990), além de MATIELLO & FERNANDES (1989), para o Estado de Pernambuco, assim como o trabalho de BATISTELA SOBRINHO et al. (1987) para o Mato Grosso, demonstram os benefícios de cultivos consorciados para a produção de café, especialmente em regiões quentes e secas, consideradas marginais à cultura, com solos pobres, sujeitas a estresses microclimáticos e ventos fortes. Nesses casos a técnica da arborização reduz as adversidades climáticas permitindo maior sustentabilidade da cafeicultura.

2.4 Espécies Arbóreas

O primeiro critério a ser considerado na escolha da espécie arbórea deve ser, obviamente, a sua adaptação ao ambiente, o formato da copa e a possível exploração econômica.

Segundo FERNANDES (1986), a arborização com espécies e espaçamentos adequados pode apresentar resultados positivos, quando comparado ao cultivo a pleno sol.

No Quênia, ONGUGO (1992) afirma que, dentre as várias espécies utilizadas em sistemas agroflorestais e estudadas pelo International Council for Research in Agroforestry - ICRAF, a grevilea tornou-se a mais difundida entre os agricultores.

Dentre as plantas com potencial para arborização de cafeeiros, podem ser citadas a grevilea (BAGGIO et al., 1997), seringueira (MATIELLO & ALMEIDA, 1991) e cajueiro (MATIELLO et al., 1989). Destacam-se também entre essas espécies, o uso de frutíferas com alto valor de mercado e boas características para a arborização, como o coqueiro anão, o abacateiro, a pupunha e bananeira podem ser boas opções (CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993). Diante dessa análise da literatura existente sobre o assunto, é possível verificar o grande potencial para a utilização da técnica de consorciação, principalmente em áreas de pequena extensão, visando auxiliar na melhoria da produtividade e sustentabilidade da produção.

As árvores protetoras devem ter a copa ereta, como a grevilea e a seringueira. A copa ereta projeta sombra móvel, ambulante, que muda de lugar durante o dia. Com isso, não resulta alteração da fisiologia do cafeeiro. Uma sombra esparramada, estática, fechada, pode provocar estiolamento e alterar a fenologia e a frutificação do cafeeiro. Considerando-se o preço atual do látex, bem elevado, pela escassez do produto no mercado, pode-se admitir que a arborização do cafezal com seringueira seja uma prática muito promissora para o Estado de São Paulo e região Sudeste. (CAMARGO & GONÇALVES, 2004).

Tem sido demonstrado que espécies arbóreas fixadoras de N aumentam os teores de N no solo e a produtividade das culturas associadas, especialmente em sítios com deficiência de N e sob condições de baixa fertilização nitrogenada. Em locais com boa disponibilidade de água e nutrientes as espécies fixadoras de N podem ser substituídas, totalmente ou em parte, por espécies mais adequadas para produção de madeira. Esta substituição pode requerer fertilização adicional e delineamentos especiais para reduzir a competição, especialmente em anos secos. A poda dos ramos das árvores reduz a sua transpiração e conseqüentemente a competição por água com a cultura associada (SCHROTH et al., 2001).

2.5 Vantagens e Desvantagens do Sistema de Arborização ao Cafeeiro

Segundo LAZZARINI (1962) as principais vantagens da arborização podem ser resumidas em: combate à erosão; produção de matéria orgânica; proteção contra geadas, ventos e granizos; maior uniformidade de maturação dos frutos; maior duração dos frutos no estado de cereja; menor queda de frutos ao chão; diminuição das ervas daninhas e facilidade de capinas. Como desvantagem ele cita principalmente pode ser a redução da produção, causada pela concorrência por água com as árvores de sombra. Outro sério problema é o aumento da incidência de broca.

Os principais benefícios da arborização para o cafeeiro podem ser resumidos em duas categorias, segundo BEER et al. (1998). Em primeiro lugar está a melhoria das condições climáticas e edáficas (redução dos extremos de temperatura do ar e do solo, da velocidade dos ventos e melhoria na fertilidade do solo) e em segundo lugar a redução da quantidade e qualidade da luz transmitida, o que evita a superprodução e conseqüentemente o depauperamento do cafeeiro. A principal desvantagem fisiológica é a competição entre a cultura e as árvores, especialmente se o sombreamento for excessivo.

DAMATTA & RENA (2002) abordam as principais vantagens da arborização, no aspecto climático informam que a redução dos extremos de temperatura do ar e do solo, a redução da velocidade dos ventos, a manutenção da umidade relativa do ar e o tamponamento da disponibilidade hídrica do solo, contribuem para proteger os cafezais das geadas e mantém um ambiente mais propício à manutenção das trocas gasosas.

MUSCHLER (2000) argumenta que devido à redução da temperatura média o sombreamento permite um enchimento dos grãos mais lento e balanceado, produzindo um produto de melhor qualidade.

Uma das vantagens da utilização de árvores é a reciclagem de nutrientes, ou seja, a quantidade de nutrientes das camadas mais profundas do solo que as árvores retiram e depois deposita sobre o solo através da queda de suas folhas ou quando a podada, com isso os nutrientes serão reutilizados pelo cafeeiro (FRANCO, 1995; FRANCO, 2000).

O sombreamento de cafeeiros tem se mostrado eficiente, principalmente, pelos resultados positivos nas áreas de com ocorrências regulares de estiagens severas e tem sido sugerido como pratica de sustentabilidade para a cultura. A arborização será mais eficiente quanto mais marginal for a região, ou seja, terá mais efeito em condições climáticas adversas para a cultura do café (CAMARGO, 1990; CAMARGO, 2007).

As desvantagens da arborização estão relacionadas ao uso de espécies inadequadas (que competem muito com o cafeeiro), ao sombreamento excessivo e às

dificuldades nas operações de colheita. Em relação à competição propriamente dita eles consideram que em locais com seca prolongada, com solos rasos ou quando se usam espécies com sistema radicular muito superficial, a competição pode ser severa. A maior incidência de broca (*Hypothenemus hampei*) e de ferrugem (*Hemileia vastatrix*) são outras desvantagens importantes (DAMATTA & RENA, 2002).

Apesar de a arborização causar decréscimo na produção de café em regiões aptas ao seu cultivo, VAAST et al. (2004) relatam que a técnica traz benefícios para a qualidade da bebida, que é um diferencial na comercialização do produto.

2.6 Aspectos Microclimáticos de Cultivos Arborizados

Em sistemas arborizados e policultivos, WILLEY (1975), MONTEITH et al. (1991), SÁ (1994) e PERFECTO & VANDERNEER (1996) relatam que dependendo da consorciação, as interações entre as plantas componentes e a atmosfera, avaliadas em termos micrometeorológicos podem ser assim resumidas: interceptação de energia radiante pelo dossel, sendo este fator dominante na produção de biomassa; interceptação da chuva pelo dossel interferindo na disponibilidade hídrica; alteração no regime de vento, que além dos seus efeitos e danos mecânicos, afeta a taxa de transpiração e fluxo de gás carbônico; modificações na temperatura, que determina a taxa de desenvolvimento e crescimento vegetal e alterações no regime de déficit de pressão de vapor d'água e modificações na transpiração.

A radiação solar no interior da comunidade vegetal é o primeiro elemento meteorológico a ser modificado com a arborização de uma cultura. Dependendo da densidade da copa e disposição das árvores sombreadoras, diferentes quantidades e tamanhos de manchas de radiação direta atingem a cultura sombreada.

Desse modo, em ambientes com temperaturas elevadas e deficiência hídrica, a arborização é uma prática que contribui para melhorar as condições de produção (CRUZ, 2003).

Nas condições de cultivo de café no Brasil, a experiência tem demonstrado que em regiões tropicais, como São Paulo e Estados vizinhos, a densidade da arborização permanente deve atenuar cerca de 20% da incidência da radiação solar (CAMARGO, 1990). Segundo esse mesmo autor, para as condições de cultivo da região Nordeste do Brasil, a arborização deve ser mais densa, permitindo uma atenuação em torno de 50%.

MATIELLO et al. (1989), trabalhando com cinco níveis de sombra variando de 0 a 100%, em áreas com período seco acentuado no Nordeste brasileiro (Brejão- PE), verificaram que o sombreamento tem resultado em melhor enfolhamento e maior produtividade dos cafeeiros, sendo os melhores resultados obtidos com os níveis de 50 a 75% de sombra.

Vários autores estudaram o efeito do sombreamento natural no cultivo de café no microclima da cultura, crescimento de plantas, produtividade e qualidade da bebida (BARRADAS & FANJUL, 1986; BAGGIO et al. 1997; MIGUEL et al. 1995; BEER et al., 1998; PEETERS et al. 2002). Nesses trabalhos, descreveram o sombreamento de maneira qualitativa, quer seja pelo tipo de árvore utilizada ou pela densidade de plantio da cultura intercalar. Em poucos trabalhos a quantidade de interceptação de energia radiante foi determinada de maneira quantitativa, como é o caso dos trabalhos de PEZZOPANE et al. (2003) e FARFAN-VALENCIA et al. (2003).

Estudos realizados por LEAL (2005) concluiu que a arborização com bracatinga permitiu alguma proteção contra geadas de radiação no primeiro ano, pois foram registradas diferenças, em torno de 0,5 °C, na temperatura das folhas do cafeeiro entre os tratamentos a pleno sol e arborizado, nas horas mais frias do dia. No segundo ano, as diferenças de temperatura, nas horas mais frias, entre o tratamento-testemunha (pleno sol) e os arborizados, alcançaram 2,3°C no tratamento com maior densidade de bracatingas (555 plantas.ha⁻¹) e 1,5 °C no com menor densidade (139 plantas.ha⁻¹).

A arborização na agricultura é, sem dúvida, uma prática cultural muito importante, que está sendo desprezada na região subtropical brasileira. São tantas as virtudes desta prática agrícola na agricultura, que não pode mais continuar sendo desprezada principalmente no Estado de São Paulo, onde a cafeicultura está em processo de grande tecnificação.(CAMARGO,2007).

2.7 Temperatura do Ar (°C)

Com temperaturas médias anuais superiores a 23°C, associadas à seca na época do florescimento, ocorrem abortamento floral e formação de "estrelinhas", ocasionando uma baixa à nula produtividade do café arábica. Além disso, em temperaturas médias elevadas apresentará frutos com desenvolvimento e maturação bastante precoces,

ocasionando perda da qualidade do produto, (CAMARGO, 1985a; THOMAZIELLO et al., 2000).

A influência da temperatura sobre a iniciação floral não pode ser separada de seus efeitos sobre o crescimento vegetativo e as condições gerais da planta, por apresentarem uma relação direta. THOMAZIELLO et al. (2000) observaram que, em condições favoráveis de temperatura, plantas de café tornam-se mais vigorosas e se desenvolvem um maior número de gemas por nó produtivo. Já temperaturas noturnas baixas poderão prejudicar a iniciação floral, mediante seu efeito no processo de divisão e diferenciação celular e/ou indiretamente pela redução nas reservas e carboidratos da planta (DAMATTA & RAMALHO, 2006).

Vários autores estudaram a influência da temperatura do ar em diversos tipos de cultivos de cafezais arborizados nas diferentes regiões produtoras do Brasil (MIGUEL et al., 1985, PEZZOPANE et al., 2003) e em outros países (BARRADAS & FANJUL, 1986; VAAST et al. 2004). Os resultados desses trabalhos evidenciam tanto as variabilidades temporal e espacial da temperatura em um sistema consorciado, quanto suas diferenças em relação a um cultivo a pleno sol, vão depender do tipo de copa da árvore utilizada e da densidade do sombreamento.

O efeito sobre a temperatura mínima do ar em cultivos arborizados e a conseqüente proteção contra geadas também é relatado por diversos autores. CARAMORI et al. (1996), em estudos realizados com arborização de cafezais com bracatinga (*Mimosa scrobella*), verificaram que em noites de geada de radiação a temperatura mínima do ar e de folhas do cafeeiro foi significativamente superior aos valores obtidos no cultivo a pleno sol (2 a 4°C, respectivamente). Como conseqüência dos maiores valores de temperatura mínima em noites de geadas de radiação, foi verificado um menor dano na cultura protegida (BAGGIO et al., 1997; CARAMORI & MORAIS, 1999).

Temperaturas mínimas muito baixas podem ocasionar geadas, com isso prejudicando o desenvolvimento do cafeeiro. SEDIYAMA et al. (1999), relata que temperaturas absolutas do ar igual ou inferiores a 2°C ocasiona a formação de geadas de radiação, acarretando na morte dos tecidos vegetais quando a temperatura do limbo foliar estiver igual ou menor que -3,5°C (FERRAZ, 1968; PINTO et al. 2000).

Em áreas com clima mais adequado para o cultivo do café arábica, como o sul de Minas Gerais, a região da Mogiana no Estado de São Paulo e o norte do Paraná, a arborização trará menores benefícios ao cafeeiro em termos de produção, ou mesmo

poderá ser prejudicial, devido a concorrência que se estabelece entre o cafeeiro e a árvore utilizada (CARNEIRO FILHO & CAMARGO, 1987; NEVES et al., 2001). Contudo, nessas condições deve-se considerar que a arborização poderá ser uma eficiente técnica de reduzir os efeitos das geadas e a incidência de ventos (CARAMORI et al., 1996; BAGGIO et al., 1997).

BEER et al. (1998) relatam ainda que uma vantagem, em termos de produção, de cultivo de cafeeiros a pleno sol sobre os cultivos arborizados poderia ser limitada, principalmente em regiões tropicais, a uma ou duas décadas de ciclos produtivos. Após isso, a degradação ambiental, proporcionada por erosão do solo e resíduos de fertilizantes e pesticidas poderiam reduzir a produtividade e/ou a qualidade do ambiente.

Regiões com temperaturas inferiores a 18°C, a espécie *C. arabica* se desenvolve vegetativamente bem, mas há uma baixa diferenciação floral, ocorrendo assim uma quebra na produtividade. Com temperaturas médias acima de 23°C pode ocasionar um baixo desenvolvimento da planta no verão e descoloração nas folhas (CAMARGO, 1985a).

WINTGENS (2004) relata que o desenvolvimento do botão floral é amplamente controlado por hormônios vegetais, os quais são ativados principalmente pelo fotoperiodismo (comprimento do dia) e por uma queda de temperatura do ar (estação fria).

2.8 Umidade Relativa (UR%)

A umidade relativa do ar é a relação entre a pressão de vapor do ar (medida em pascais) e a pressão de vapor do ar obtida em condições de equilíbrio ou saturação sobre uma superfície de água líquida ou gelo. O valor da UR varia entre 0 e 100% para condições até a saturação.

- Método de cálculo da umidade relativa (equação 1):

$$UR\% = \frac{e}{e_s} 100 \quad (1)$$

na qual “e” é a pressão de vapor de água do ar (g/kg); e “e_s” corresponde à pressão de vapor de saturação (g/kg).

O aumento da umidade relativa do ar reduz a transpiração das plantas devido à redução do gradiente de concentração de vapor entre a cavidade estomática e o ar adjacente à folha, mediada pela redução do déficit de saturação de vapor do ar (VALANDRO et al., 1999; RIGHI, 2000). O aumento da resistência ou o fechamento estomático podem ocorrer também, com baixos níveis de umidade relativa do ar, o que reduziria ainda mais a relação com a evapotranspiração máxima (ET_m) (BAILLE et al., 1994). O entendimento dessas relações é importante para melhorar o manejo das culturas e agregar qualidade ao produto final.

Em determinadas regiões do Brasil, onde ocorre déficit hídrico, os consórcios de cafeeiros com árvores podem atuar diminuindo a insolação e a perda de água (MACEDO, 2000).

Portanto, desde que a lavoura de café consorciado seja manejada corretamente com a escolha adequada das espécies arbóreas, densidade de plantio, tipo de solo, regime térmico e hídrico, o sistema de arborização pode ser viável especialmente em regiões sujeita a alta demanda evaporativa da atmosfera ou seca prolongada (DAMATTA, 2004; DAMATTA & RENA, 2002).

Durante as horas mais quentes do dia, a umidade relativa (UR%) é maior em sistemas arborizados e isso acarreta uma maior abertura estomática, especialmente quando o armazenamento de água no solo for limitante (TESH & KUMAR, 1978).

2.9 Vento

O ar em movimento é outro parâmetro climático que afeta a agricultura. Positivamente constitui-se um agente eficiente na dispersão das plantas. Negativamente pode causar danos físicos, ressecamento devido à transpiração, o transporte de pólen e sementes de plantas indesejáveis como as ervas daninhas e também o vento pode causar erosão nas terras boas e retirar a camada fina da superfície do solo.

O cafeeiro é uma planta que não tolera ventos com velocidade acima de 2 m/s, pois pode causar alteração no seu processo fotossintético devido ao aumento da transpiração da planta e danos mecânicos nas folhas com isso facilitando a entrada de agentes causadores de doenças como fungos e bactérias (CAMARONI et al. 1986).

BEER (1987), além de CAMARGO & PEREIRA (1994) relatam que para culturas como o cafeeiro há redução da velocidade do vento promovida pela arborização

é um dos efeitos mais benéficos desta prática. Os efeitos do vento em cafeeiros, segundo CAMARGO (1985b) e CAMARGO & PEREIRA (1994), podem ser diretos, simplesmente mecânico, quando acarretam danos às folhas e gemas, além de potencializar a queda de flores e frutos em desenvolvimento, ou indiretos, como os ecofisiológicos pelo aumento da demanda hídrica ou facilitando a penetração de microorganismos.

2.10 Aspectos Relacionados ao Manejo e Produtividade

As distintas formas de cultivo do café provocam diferentes impactos sobre os recursos naturais envolvidos na produção e resultam em diferentes qualidades do café comercializadas no mundo (VILLATORO, 2004).

No Estado de São Paulo, os limites para as principais regiões cafeeiras situam-se entre 400 e 1200 metros. Em condições de baixa altitude (300 - 450 m), temperaturas elevadas com alta demanda hídrica, associadas com longos períodos de seca, podem ocasionar menor sustentabilidade e produtividade da lavoura. Do contrário, em regiões de elevada altitude (1.000 -1.200 m), os ventos frios é que podem ser prejudiciais (THOMAZIELLO et al., 2000). Mas segundo os autores, ambos os casos podem ser minimizados com sistemas de consorciação, quebra-ventos ou arborização adequada do cafezal.

O cultivo a pleno sol tem apresentado problemas de superprodução e ocasionando esgotamento das plantas, durante os primeiros anos, até que o auto-sombreamento diminua esse efeito (SOUZA & OLIVEIRA, 2000).

DAMATTA (2004) considera que as condições da propriedade e o esquema de manejo da lavoura determinariam o sucesso ou o insucesso da arborização. Para MUSCHLER (1998), a contribuição da arborização é positiva quando as condições edáficas e de altitude se afastam de um “ótimo” teoricamente para o desenvolvimento do cafeeiro, podendo ser neutra ou negativa os benefícios da arborização quando essas condições se aproximam destas condições “ótimas”.

O efeito da arborização na produtividade do café depende das condições climáticas da região de cultivo, da utilização de insumos e dos efeitos favoráveis e desfavoráveis que a espécie de sombra poderá trazer para o café. Daí existirem diversos

trabalhos realizados em diferentes regiões produtoras do mundo, que demonstram existir aumento, decréscimo ou igualdade de produção com o emprego da arborização.

MUSCHLER (1997) & BEER et al. (1998) determinam três fatores que precisam ser levados em consideração na adoção da prática de arborização pelos agricultores: objetivo da produção, características climáticas da região e nível dos insumos disponíveis para o cultivo. Diante dessa abordagem pode se dizer que quanto mais marginal for a região para a cafeicultura, como característica de área com baixas altitudes, solos pobres ou com baixa fertilidade, maiores benefícios serão obtidos com o uso da arborização (CAMARGO, 1990; MATIELLO et al., 2002).

Um aspecto importante a ser considerado é que a arborização retarda e uniformiza a maturação dos grãos. Desse modo, os frutos do cafeeiro permanecem por mais tempo como cereja, possibilitando a catação manual e contribuindo para melhorar a qualidade do produto (MATIELLO & COELHO, 1999).

Se as condições climáticas forem favoráveis para o cultivo de café e com a utilização intensiva de insumos, como irrigação, adubação e defensivos agrícolas, plantios de café a pleno sol, de uma maneira geral, produzirão mais que cultivos arborizados. CANNELL (1976) relata que cafezais sombreados tendem a produzir menos que cafezais a pleno sol devido à menor emissão de nós, fator estreitamente relacionado à produção da cultura. Segundo esse autor, esse fato faz com que se reduzam as possibilidades de ocorrência de produções elevadas e conseqüente a ocorrência de ciclos bienais.

O valor da madeira e a facilidade de comercialização na região também são fatores decisivos, pois os espaçamentos largos geralmente usados nos sistemas agroflorestais (SAF's) para minimizar a competição com as culturas associadas são compatíveis com a produção de madeira para serraria em rotações curtas (SOMARRIBA et al. 2001).

MORAIS et al. (2003) encontraram redução significativa na produtividade em cafezal sob sombra densa de guandu (*Cajanus cajan*) e atribuiu esta diferença à baixa quantidade de radiação fotossintética recebida pelos cafeeiros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos em campo foram conduzidos no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista, em Mococa (latitude de 21° 28' S, longitude de 47° 01' W, altitude de 665m) pertencente à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA).

Os experimentos foram instalados em solo classificado como Argissolo Vermelho (OLIVEIRA, et al., 1999), sendo compostos pelos sistemas solteiro ou seja a pleno sol (testemunha), e sistemas consorciados de café com seringueira e coqueiro-anão (Figura 1). As parcelas experimentais possuíam 40 x 40 metros, sendo utilizadas como bordadura as linhas marginais. Os sistemas foram implantados no mês de outubro de 1999, nas seguintes configurações (Figura 1):

- a) Pleno sol (solteiro): café arábica Icatu Vermelho IAC-4045 enxertado sobre Robusta IAC-Apoatã, instalado com espaçamento de 4 metros entre linhas e 1 metro entre plantas;
- b) Consorciado (arborizado) com coqueiro-anão com espaçamento 8 x 8 metros: café arábica Icatu Vermelho IAC-4045 enxertado sobre Robusta IAC-Apoatã instalado com espaçamento de 4 metros entre linhas e 1 metro entre plantas;
- c) Consorciado (arborizado) com seringueira com espaçamento 16 x 16 metros: café arábica Icatu Vermelho IAC-4045 enxertado sobre Robusta IAC-Apoatã instalado com espaçamento de 4 metros entre linhas e 1 metro entre plantas;

O delineamento estatístico é o de blocos ao acaso com quatro repetições.

3.1 Caracterização Microclimática

Os dados microclimáticos foram coletados nos sistemas cultivados a pleno sol e consorciados continuamente durante os anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08. No cultivo arborizado as medições foram realizadas em uma parcela do cultivo consorciado com coqueiro anão verde, representando o consórcio com espaçamento de 8x8m e em uma parcela com seringueira, representando o consórcio com espaçamento de 16x16m,

(Figura 1). O estudo da caracterização microclimática e da variabilidade espacial envolveu a medição dos elementos meteorológicos temperatura do ar (máxima, mínima e média) , umidade relativa do ar e velocidade do vento.

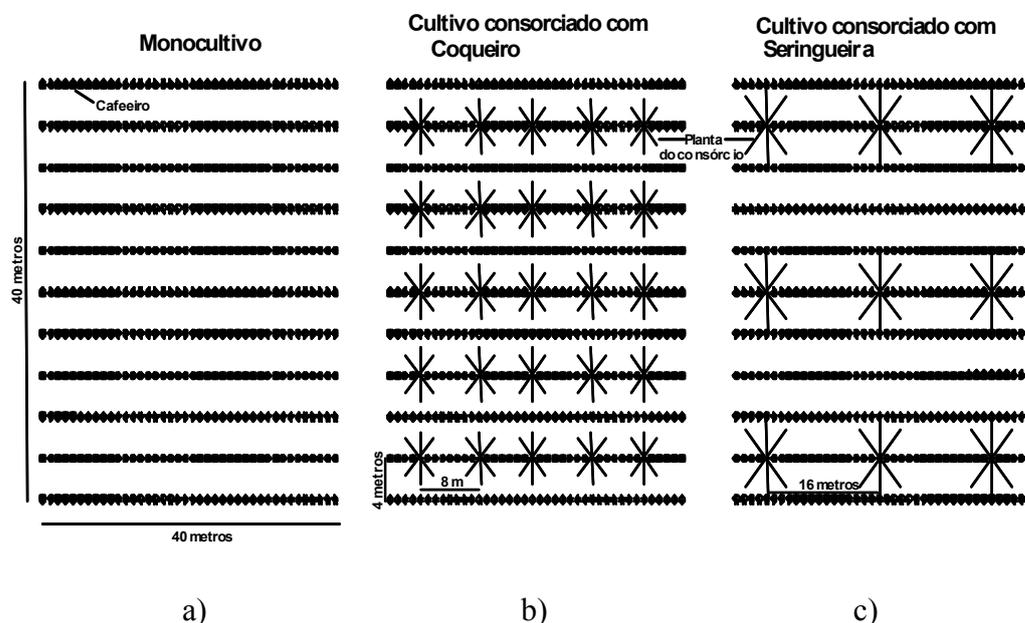


Figura 1 - Representação esquemática das parcelas de café em sistema de monocultivo (a) e consorciado com coqueiro-anão (b) e seringueira (c).

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar foram determinadas com conjunto psicrométrico, protegidos com abrigo micrometeorológico, constituídos de doze pratos plásticos sobrepostos, instalados na altura do dossel das plantas de café. Ainda no interior do dossel das plantas de café foram instalados sensores de temperatura do ar (termistores) na parte mediana e na parte inferior da planta para verificar o efeito das espécies sombreadoras (Figura 2).

Os sensores foram acoplados a um sistema automático de aquisição de dados, programado para leituras a cada 20 segundos, médias a cada 15 minutos e obtenção dos valores médios e absolutos diários de umidade relativa do ar, de temperatura do ar e vento.

Visando possibilitar comparação, as avaliações microclimáticas foram realizadas simultaneamente em uma parcela de café cultivada a pleno sol, onde os sensores de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram instalados à mesma altura dos sistemas consorciados.

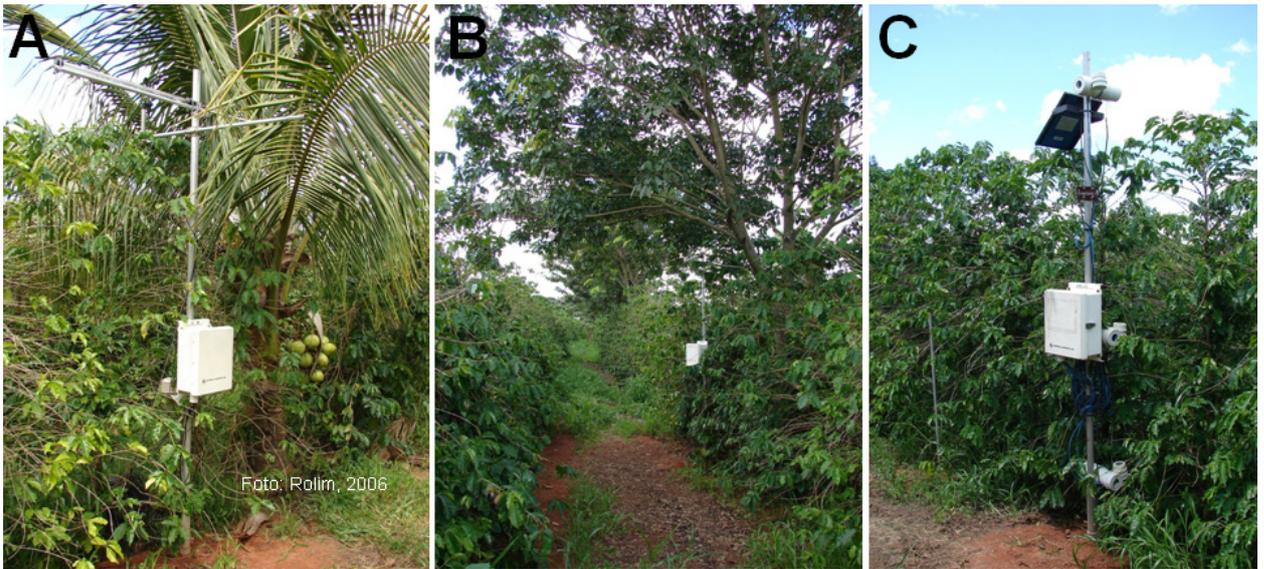


Figura 2 - Estações meteorológicas automáticas instaladas nas parcelas experimentais consorciadas com coqueiro anão (a), seringueira (b) e sem consórcio (solteiro) (c).

Para melhor representar as condições microclimáticas do cultivo consorciado, foram instalados conjuntos de sensores em dois pontos da lavoura: um em uma condição próxima à árvore de consórcio (Ponto 1) e outro em um ponto centralizado entre quatro árvores de consórcio (Ponto 2). Na Figura 3 é apresentado um esquema do detalhamento da posição dos sensores nos dois cultivos consorciados.

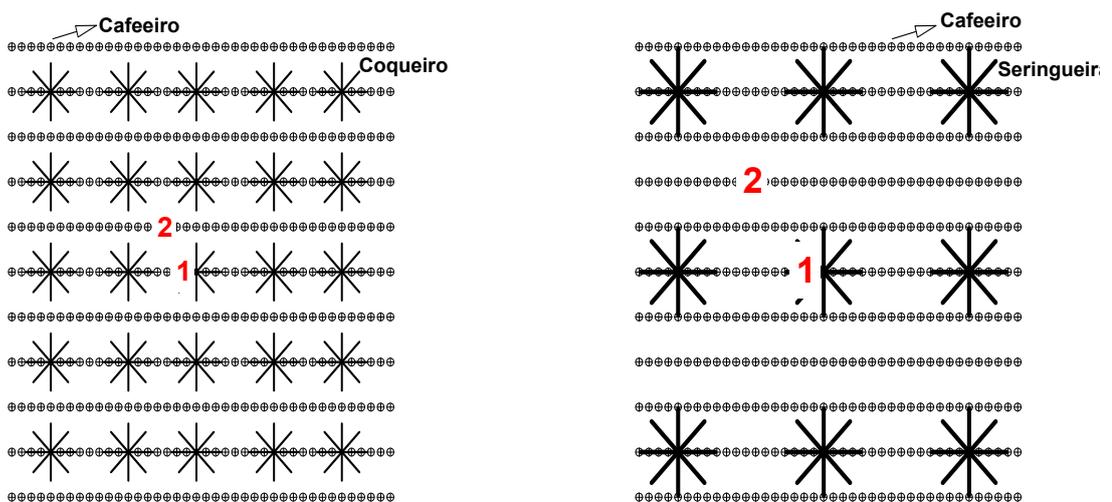


Figura 3 - Representação esquemática da posição de instalação de sensores na parcela consorciada com coqueiro-anão verde (esquerda) e seringueira (direita).

3.2 Variabilidade Espacial da Temperatura do Ar e das Folhas de Café

Foram realizadas observações da variabilidade no plano horizontal de temperaturas máximas e mínimas do ar e das folhas do café, durante o inverno, com o objetivo de verificar a área de influência da planta usada como cultura consorciada no ambiente e nas plantas de café próximas a ela, durante a ocorrência de episódios de intenso resfriamento noturno.

Os sensores de temperatura do ar e das folhas foram instalados acompanhando as linhas com cafeeiros a partir de uma planta utilizada no consórcio. As medições foram realizadas nas mesmas parcelas da caracterização microclimática (Figuras 2 e 3). A medição de temperatura da folha foi feita com termopar instalado na parte inferior das folhas mais expostas ao resfriamento noturno de acordo com CARAMORI et al., (1996). A temperatura do ar foi avaliada acima do dossel da cultura.

Os termopares para a medição de temperatura do ar foram protegidos com abrigos micrometeorológicos, constituídos de seis pratos plásticos sobrepostos. Os sinais provenientes dos sensores (com leituras a cada 10 segundos e média a cada 15 minutos), além dos valores extremos diários, foram recebidos em um sistema automático de aquisição de dados.

3.3 Índices de Produção

Durante o período experimental foram realizadas avaliações e dos índices de produção nas parcelas experimentais dos sistemas consorciados e nas parcelas em monocultivo de café. Na Figura 4 (esquerda) é apresentada a parcela útil utilizada para obtenção dos índices de produção do sistema consorciado. À direita é apresentado o detalhe de cinco pontos amostrais dentro da parcela onde foram realizadas avaliações de índices de produção por planta de café.

Ao final da safra nos anos de 2006/07 e 2007/08, quando as plantas apresentaram maior parte dos frutos nos estádios de maturação cereja e passa, foi realizada a colheita nas parcelas úteis de 340m² (Figura 4 – esquerda) do sistema de produção em monocultivo de café e consorciado, em um total de quatro repetições. Na mesma ocasião foi realizada a colheita nas plantas selecionadas nas parcelas de cultivo consorciado (Pontos de 1 a 5 – Figura 4 – direita), em um total de oito repetições.

A partir de uma amostra de 4Kg de café cereja por repetição, foram medidos os índices de produção, como rendimento, tipo de semente (chato, moca e concha), distribuição em peneiras e massa de 100 sementes.

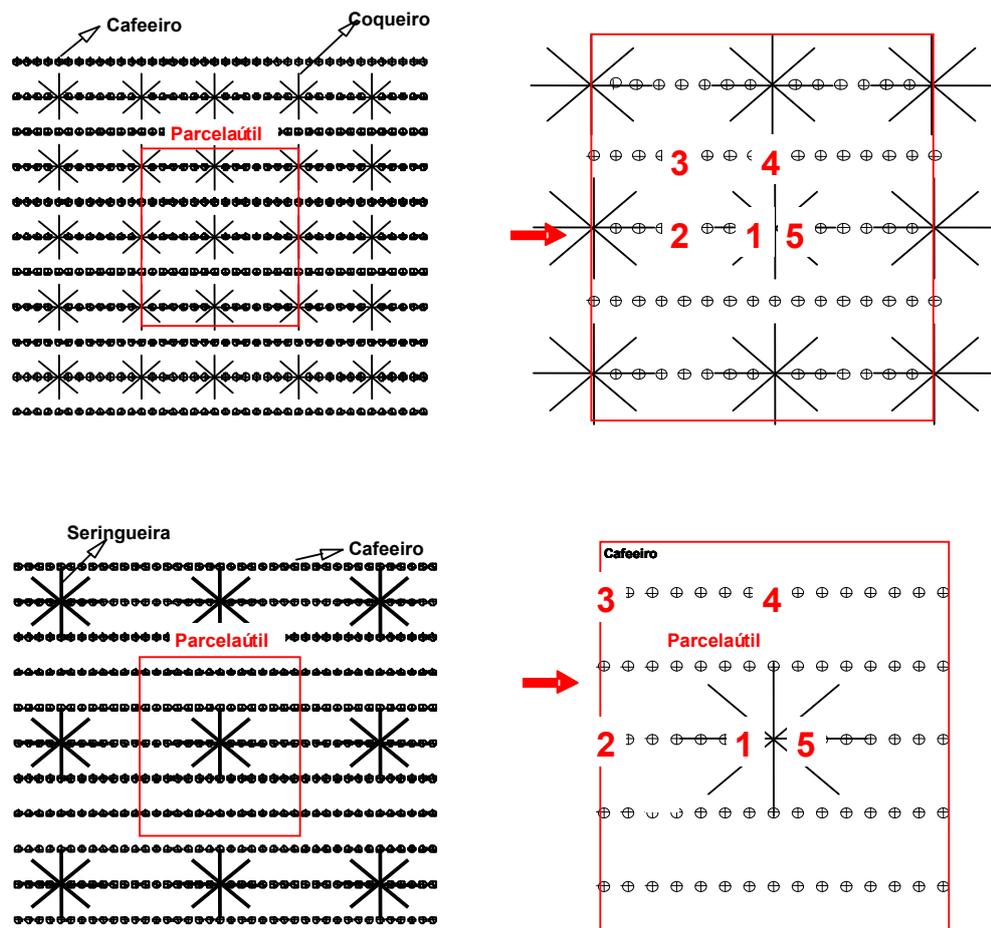


Figura 4 - Representação esquemática da parcela útil para fins de avaliação de produção (esquerda) e detalhamento da posição individual de plantas de café dentro da parcela consorciada (direita), em consórcio de 8x8m (acima) e 16x16m (abaixo) (Modificado de Pezzopane et al., 2003).

3.4 Balanços Hídricos

A estimativa da disponibilidade hídrica do solo foi feita considerando dados do posto meteorológico localizado a aproximadamente 800 m da área experimental por meio de balanço hídrico climatológico. O cálculo do balanço hídrico seqüencial foi realizado pelo programa proposto por ROLIM et al. (1998) em planilhas no ambiente EXCEL™, baseado no método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), em escala decendial.

Como entrada de dados, o modelo utiliza valores diários de temperatura mínima e máxima do ar e precipitação pluviométrica. Considera capacidade máxima de água disponível (CAD) igual a 100 mm, pois atende a grande maioria dos solos das áreas cafeeiras do Estado de São Paulo (CAMARGO & PEREIRA, 1994). Segundo CAMARGO et al. (2001) a profundidade média de exploração das raízes de um cafeeiro adulto, para as condições do Estado de São Paulo, é de aproximadamente 1 metro. Como o café é uma cultura perene e os dados fenológicos e de produtividades considerados são provenientes de cafeeiros adultos, o valor do coeficiente de cultura (kc) adotado no cálculo do balanço hídrico se iguala à unidade (kc 1), assumindo-se, assim, plena cobertura do terreno pelas plantas adultas, conforme sugerido por CAMARGO & PEREIRA (1994).

Foram gerados valores decendiais da demanda atmosférica, representada pela evapotranspiração potencial (ETp), que foi estimada pelo método de THORNTHWAITE (1948). Os balanços também fornecem a estimativa da evapotranspiração real (ETr), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

A representação gráfica do balanço hídrico foi feita por meio do extrato, segundo o método de CAMARGO & CAMARGO (1993), que utiliza apenas os valores de excedentes (valores positivos) e deficiências hídricas (valores negativos), permitindo uma melhor visualização da intensidade e duração dos períodos secos e úmidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Balanços Hídricos

As condições climáticas que afetaram o ciclo produtivo podem resumidas pelo balanço hídrico seqüencial em base decendial considerando capacidade máxima de

armazenamento de água de 100 mm. A Figura 4 apresenta os períodos com excedentes e déficits hídricos para a área experimental de Mococa referente aos anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08.

Observa-se dois períodos bem distintos, um chuvoso que corresponde ao excedente hídrico que vai de dezembro de 2006 até o final de março de 2007 tendo seu ápice no mês de janeiro que coincide com os estádios de florescimento, formação dos grãos e o desenvolvimento vegetativo. São nestes estádios que o cafeeiro é mais sensível ao déficit hídrico.

Um longo período de déficit hídrico ocorreu de abril até o fim de novembro de 2007, que coincidiu com a época de colheita e dormência das gemas florais que foi beneficiada por essa falta de água, ocasionando um estresse hídrico na planta favorecendo a floração com as primeiras chuvas e a seca no período de maturação dos frutos ajudou a produzir grãos de qualidade.

Estas condições climáticas demonstram que a utilização de novas tecnologias como a irrigação a partir do mês de setembro e a arborização da lavoura podem atenuar as condições climáticas adversas e permitir o aumento da produtividade e qualidade das lavouras.

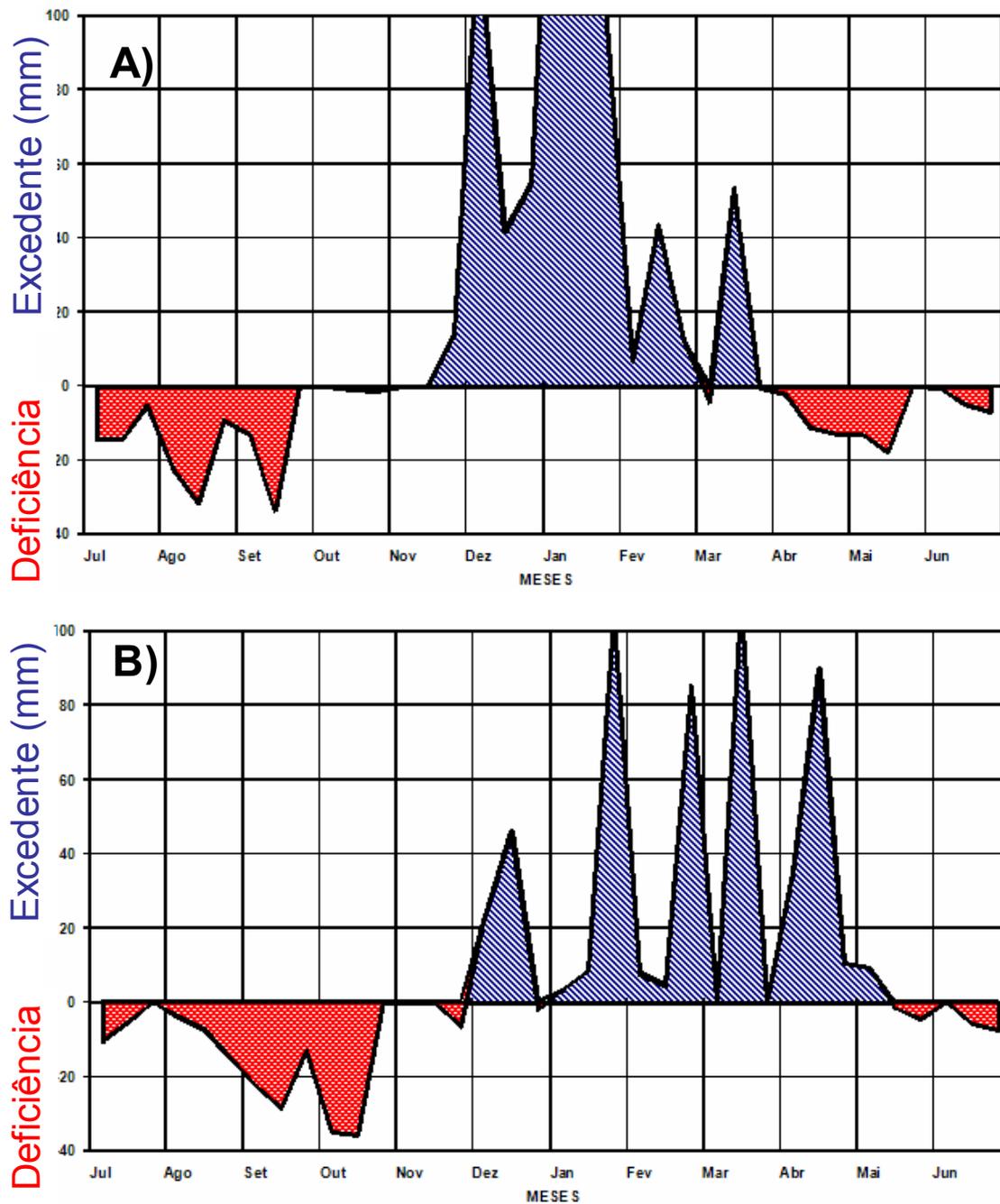


Figura 5: Balanço hídrico seqüencial a nível decadal da área experimental em Mococa-SP, nos anos agrícolas de 2006/07 (A) e 2007/08 (B).

4.2 Acompanhamento do Desenvolvimento Fenológico dos Cultivos.

O acompanhamento do desenvolvimento fenológico dos tratamentos seguiu o esquema proposto por CAMARGO & CAMARGO (2001), válido para as condições tropicais do Brasil. A esquematização das diferentes fases do cafeeiro foi útil para facilitar e racionalizar as pesquisas e observações do projeto. Para tanto, foram

esquematizadas seis fases fenológicas distintas, sendo duas delas no primeiro ano fenológico (período vegetativo) e quatro no segundo (período reprodutivo).

No ano agrícola 2006/07 não foram observadas diferenças significativas no desenvolvimento fenológico entre os tratamentos. Quanto à floração, todos os tratamentos floresceram em três épocas: a primeira florada (04/agosto/07) foi pequena, a segunda foi a principal (08/outubro/07) e a terceira (31/outubro/07) foi também pequena.

O estágio da granação ocorreu entre dezembro/07 e março/08 e a maturação foi desuniforme devido às três floradas, mas a maturação plena dos frutos, quando mais de 50% dos frutos estavam maduros, ocorreu no início de junho de 2008. Assim, em comparação com os últimos anos, os estádios da granação e maturação apresentaram adiantamento de aproximadamente um mês.

Ressalta-se que no ano de 2007 foi verificada a ocorrência de veranicos nos meses de abril a setembro que associado a altas temperaturas, trouxe problemas no estágio fenológico do enchimento de grãos. Desta forma, não foram observadas grandes diferenças no desenvolvimento fenológico entre os tratamentos a pleno sol e os arborizados. Esta situação também foi observada por PEZZOPANI et al. (2008).

4.3 Avaliação dos Índices de Produção dos Cultivos.

O tratamento com arborização com seringueira apresentou produtividade média superiores em relação aos tratamentos com arborização com coqueiro anão. Em parte, isto se deve ao menor número de plantas usadas na arborização por área ocorrendo menores competições entre os cafeeiros e as plantas de arborização, principalmente com o coqueiro anão que precisa ser manejado. No cultivo a pleno sol as plantas do cafeeiro sofreram maiores estresses hídricos, altas temperaturas, maior perda de água pelo vento. Nos cultivos consorciados esses fatores foram amenizados e favoreceram aos cafeeiros a atingir maiores produtividades principalmente com arborização por seringueira (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtividades (sacos/ha) de café a pleno sol e arborizados com seringueira, e coqueiro anão obtidos no ano agrícola 2007/08 em Mococa, SP. As letras correspondem ao teste “t” a 5 % de probabilidade.

Sistema de Produção	Produtividade (sacos/ha)
Pleno sol	23,6 ab
Arborizado com coqueiro anão	20,5 ab
Arborizado com seringueira	28,7 a

Os resultados mostram que o cultivo arborizado com seringueira foi o que obteve maior produtividade. MORAIS (2003) observou uma redução significativa na produtividade em cafezal sob sombra de guandu (*Cajanus cajan*) e essa redução foi atribuída a baixa quantidade de radiação fotossintética recebida pelos cafeeiros.

4.4 Temperaturas Máximas

Os valores obtidos de temperatura máxima (°C) durante o ano de 2007 no município de Mococa demonstra a eficiência ou potencial do sistema de arborização, em comparação com o café a pleno sol, para a diminuição dos valores máximos observados, tornando o ambiente mais ameno para o cultivo (Figura.6). Os valores observados estão relacionados, aos valores de temperatura da entre-linha equivalente ao ponto 2 da Figura 1 dos tratamentos consorciado e as temperaturas do café a pleno sol.

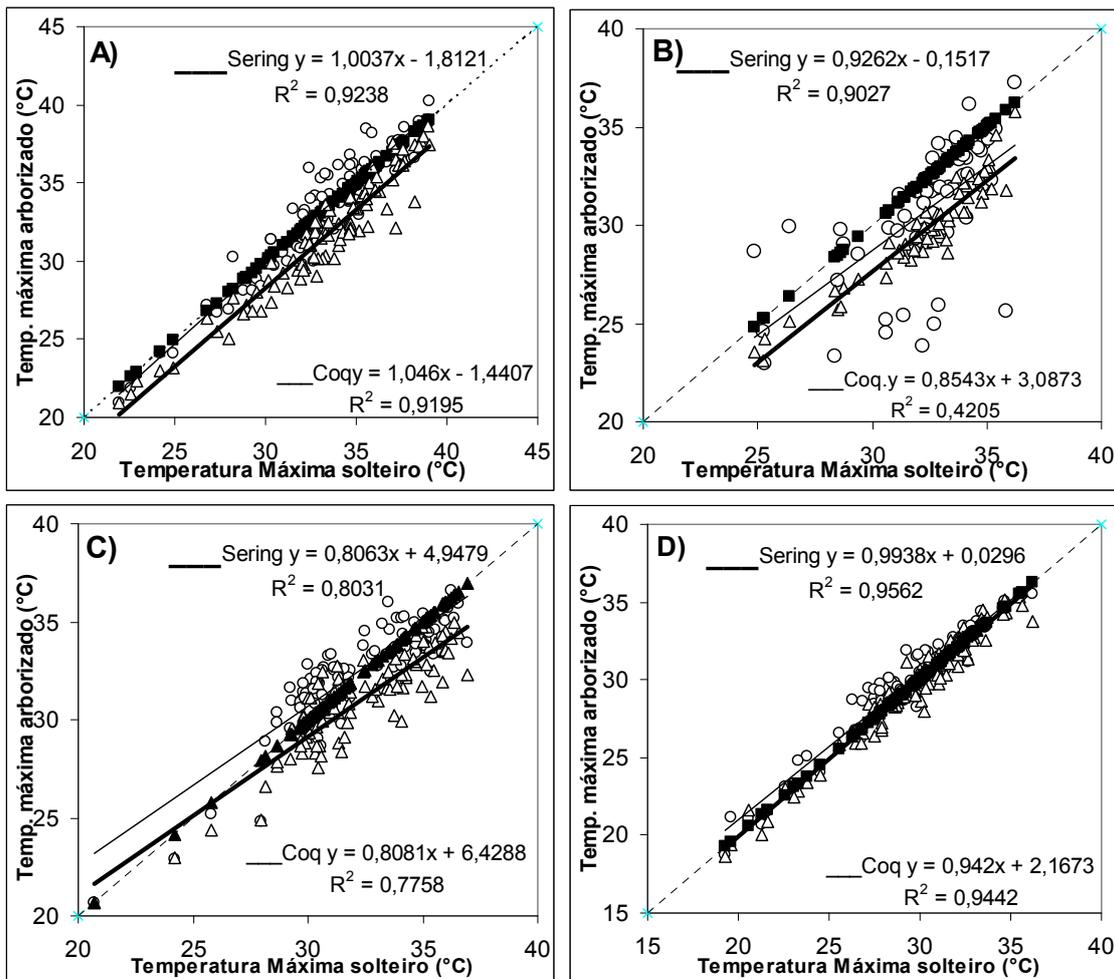


Figura 6: Relação da temperatura máxima diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. Seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare).

Para a primavera (Figura 6.A), durante os dias mais quentes e sem nebulosidade, a temperatura máxima do pleno sol ficou em torno de 38°C nas horas mais quentes do dia. Já para os tratamentos arborizados com seringueira e com coqueiro as temperaturas máximas foram reduzidas de 1,7°C e 1,0°C, respectivamente, em comparação com o café pleno sol.

No verão (Figura 6.B), as temperaturas máximas para o café pleno sol foram muito elevadas (39°C) nas horas mais quentes do dia, enquanto os tratamentos com seringueira e coqueiro, as temperaturas foram em alguns dias 2,0°C e 1,2°C inferiores, respectivamente.

Durante o outono (Figura 6.C), as temperaturas máximas do solteiro foram em média de 32,1°C também durante as horas mais quentes e próximas à do coqueiro, enquanto o tratamento com seringueira apresentou valor inferior de 1,9°C em relação ao pleno sol.

No inverno (Figura 6.D), as temperaturas máximas dos tratamentos foram próximas, 29,6°C para o solteiro, 29,5°C para a seringueira e 30,1°C para o coqueiro.

Analisando os resultados das temperaturas máximas de cada estação do ano, verifica-se que os tratamentos com arborização são eficientes em diminuir a temperatura máxima em até 2°C, principalmente nos dias quentes com céu sem nebulosidade da primavera e verão. Estes resultados estão de acordo os relatados por CRUZ (2003) em ambientes com temperaturas elevadas e deficiência hídrica, onde o sistema de arborização se constitui em uma técnica eficaz para melhorar as condições de cultivo.

4.5 Temperaturas Mínimas

Os resultados obtidos em relação à temperatura mínima (°C) durante o ano de 2007 no município de Mococa, demonstram a eficiência do tratamento com arborização em comparação com o café a pleno sol, no aumento dos valores como apresentado na Figura 7. Os valores observados estão relacionados, aos valores de temperatura da entrelinha equivalente ao ponto 2 da Figura 1 dos tratamentos consorciado e as temperaturas do café a pleno sol.

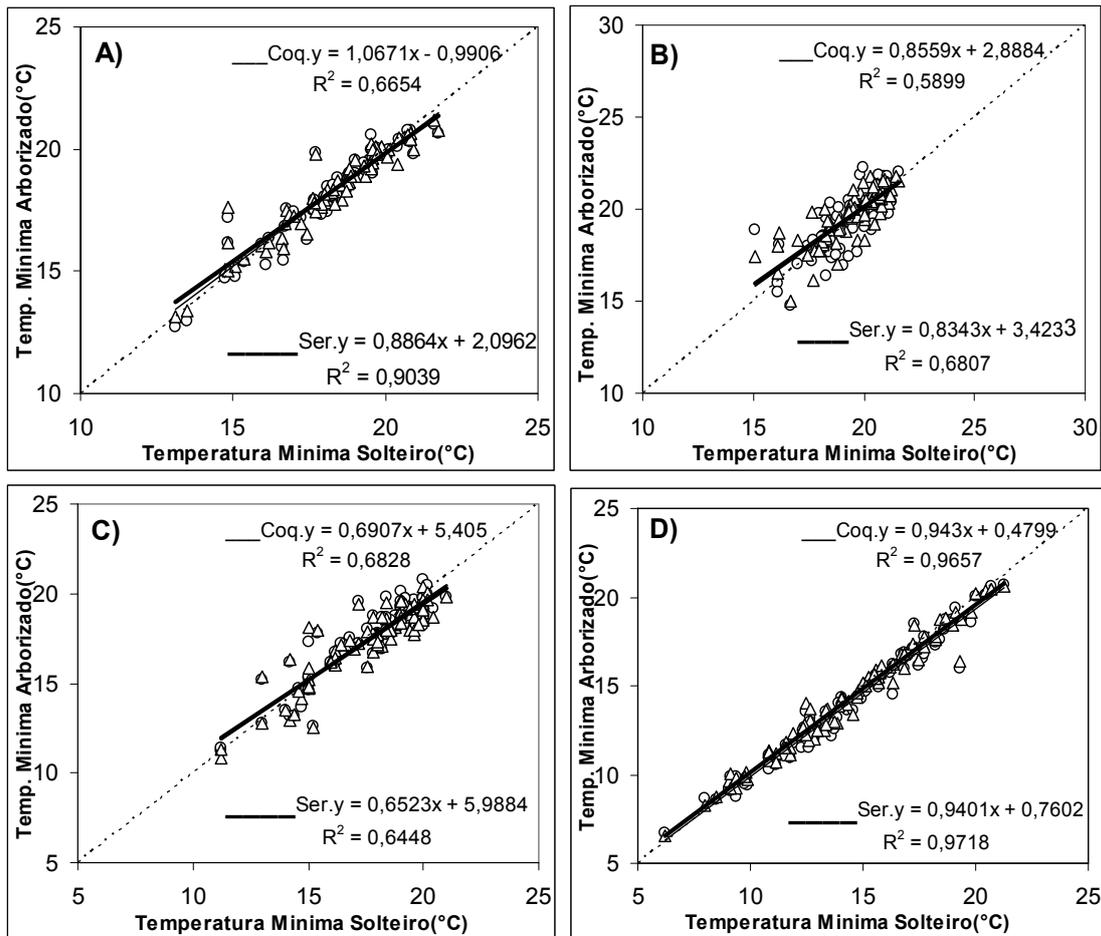


Figura 7: Relação da temperatura mínima diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare)

Durante a primavera (Figura 7.A), as temperaturas mínimas para os dois tipos de arborização com coqueiro anão e seringueira demonstraram valores próximos, já o café a pleno sol as temperaturas mínimas apresentaram pequena variação em comparação com os tratamentos arborizado, os dois tratamentos arborizados a temperatura foi cerca de 2°C mais elevado quando comparado com o sistema a pleno sol em alguns dias.

No verão (Figura 7.B), as temperaturas mínimas para todos os tratamentos foram muito parecidas, um motivo para essa ocorrência foi o número de dias chuvosos nos meses de verão.

Para o outono (Figura 7.C), durante as horas mais frias do dia os resultados de temperaturas mínimas foram próximos entre os tratamentos, entretanto observou-se que no tratamento a pleno sol a temperatura ficou $1,5^{\circ}\text{C}$ mais elevada que nos tratamentos

arborizados. As temperaturas mínimas para os três tratamentos não foram inferiores a 10°C para essa estação do ano.

No inverno (Figura 7.D), as temperaturas de todos os tratamentos ficaram sempre abaixo dos 20°C e acima dos 6°C, as temperaturas dos tratamentos com arvores foram semelhantes com valores de 1°C acima em alguns dias desta estação em comparação com o café à pleno sol mostrando que o tratamento com arborização teve uma influência de elevar a temperatura mínima durante o inverno nas horas mais frias do dia em 1°C.

Esse efeito sobre a temperatura mínima do ar em cultivos arborizados também é relatado por diversos autores, como CARAMORI et al. (1996), que em estudos no Estado do Paraná com Bracatinga (*Mimosa scrabella*, Benth), verificaram que em noites de geada, as temperaturas mínimas do ar e das folhas do cafeeiro foi superior aos valores obtidos no cultivo a pleno sol chegando a 2°C nas folhas e 4°C na temperatura do ar. Confirmando esta atenuação na temperatura mínima, BAGGIO et al. (1997) e CARAMORI & MORAIS (1999) verificaram também que a técnica da arborização condicionou menor dano no cultivo protegido em noites de geadas de radiação em comparação com o sistema a pleno sol.

4.6 Temperaturas Médias

As temperaturas médias (°C) diárias foram reduzidas nos tratamentos arborizados, principalmente no verão (Figura 8.B). Os valores observados estão relacionados, aos valores de temperatura da entre-linha equivalente ao ponto 2 da Figura 1 dos tratamentos consorciado e as temperaturas do café a pleno sol.

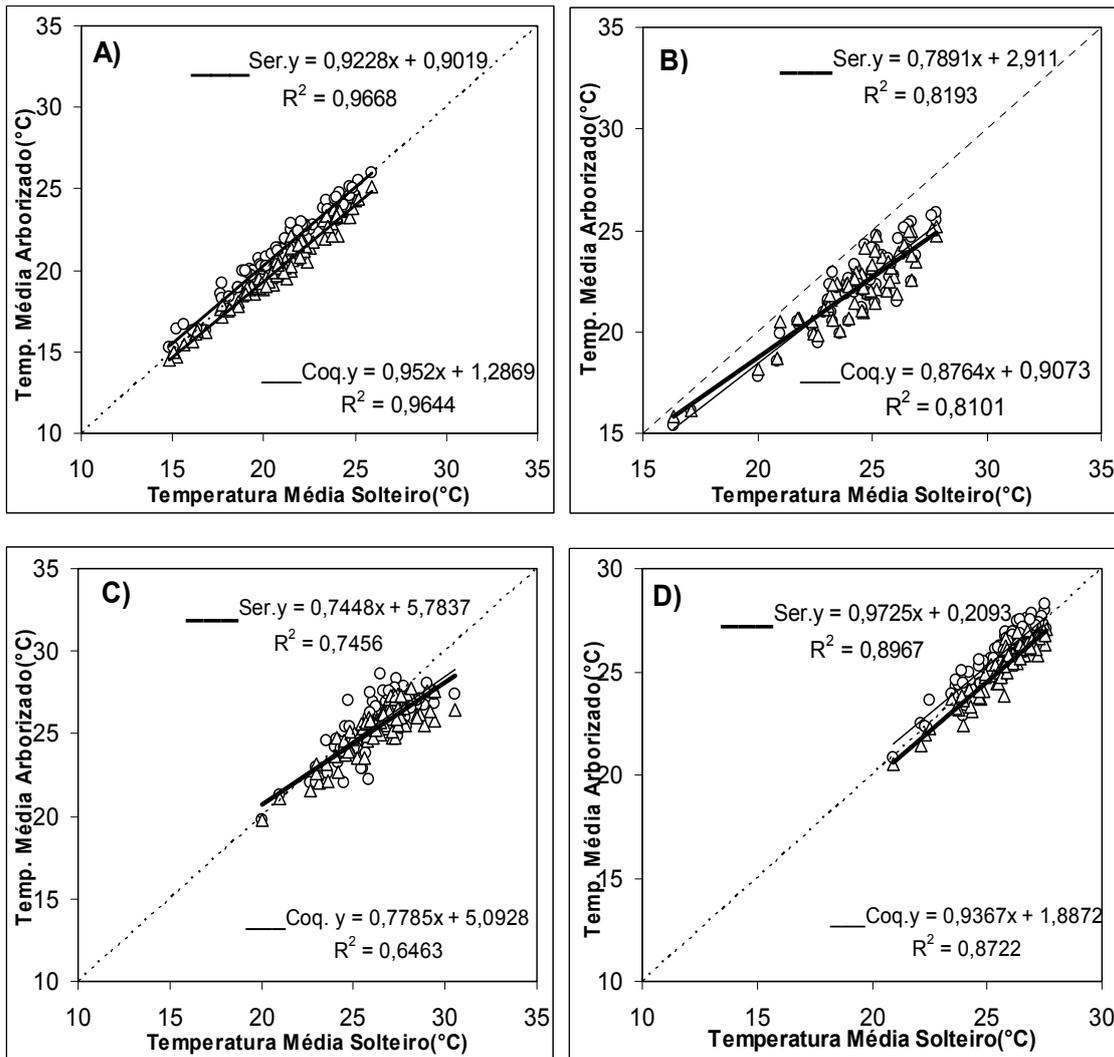


Figura 8: Relação da temperatura média diária observada no tratamento a pleno sol (solteiro) e nos arborizados com coqueiro anão e seringueira nas estações do ano: (A) Primavera, (B) Verão, (C) Outono e (D) Inverno, mensuradas no ponto 2 da parcela experimental. Seringueira (Δ), coqueiro (o), pleno sol (\blacksquare)

Na primavera (Figura 8.A), o tratamento com seringueira foi o que manteve as temperaturas médias 1°C a baixo em relação aos outros tratamentos. A temperatura média para o tratamento com seringueira foi de $20,2^\circ\text{C}$, já os tratamentos a pleno sol e com coqueiro anão os valores obtidos foram semelhantes, $21,3^\circ\text{C}$ aproximadamente.

Para o Verão (Figura 8.B), os valores de temperatura média dos tratamentos arborizados foram muito próximos e ficando sempre abaixo do tratamento à pleno sol que obteve valores de temperatura média muito elevado ficando sempre 3°C acima em comparação com aos tratamentos arborizados, mostrando que o tratamento com árvores

no meio do cafezal teve uma influencia de diminuir a temperatura nessa estação do ano em torno de 3°C .

Durante o Outono (Figura 8.C), os valores mais elevados de temperatura média foram para o tratamento à pleno sol ficando cerca de 1°C a cima dos tratamentos arborizados, o tratamento com seringueira foi o que apresentou valores mais baixos (0,5°C) e os valores do tratamento com coqueiro ficou um pouco acima do tratamento com seringueira (0,5°C).

Inverno (Figura 8.D), o tratamento com coqueiro anão foi o que apresentou melhores resultados em elevar a temperatura média do microclima para essa estação do ano mantendo 1°C mais elevada em comparação com os outros dois tratamentos, já o tratamento com seringueira foi o que apresentou valores mais baixos de temperatura média nessa estação do ano ficando em torno dos 25°C.

Esta redução está de acordo com MUSCHLER (2000) que observou que devido a redução da temperatura média por meio do sombreamento permite um enchimento dos grãos de café mais lento e balanceado produzindo assim um produto de melhor qualidade. Segundo (CAMARGO, 1985a) em regiões com temperaturas médias acima de 23°C pode causar um baixo desenvolvimento da planta no verão e descoloração nas folhas, além disso, temperaturas médias elevadas podem produzir frutos com desenvolvimento e maturação precoces, ocasionando perda de qualidade do produto, (CAMARGO, 1985a ; THOMAZIELLO et al., 2000).

Os resultados indicam que a atenuação das temperaturas máximas pelos tratamentos arborizados foi mais eficiente durante os dias mais quentes de céu sem nebulosidade. O tratamento com seringueira foi o que teve melhor desempenho para diminuir a temperatura máxima durante as horas mais quentes do dia durante as estações mais quentes do ano, primavera e verão.

Os resultados obtidos de temperatura mínima indicam que os tratamentos com arborização no meio do cafezal elevam a temperatura mínima em até 1°C durante as horas mais frias do dia.

Analisando estes resultados podemos inferir que quanto mais marginal for a região produtora de café em relação a temperaturas máximas e mínimas, maior será os benefícios da arborização sobre a produção do café.

4.7 Amplitude Térmica (°C)

Os resultados obtidos são referentes ao conjunto psicrométrico que estavam instalados na altura do dossel da planta de café, ponto 2 da Figura 2 ou seja a entrelinha do talhão, os quais foram analisados nas quatro estações do ano.

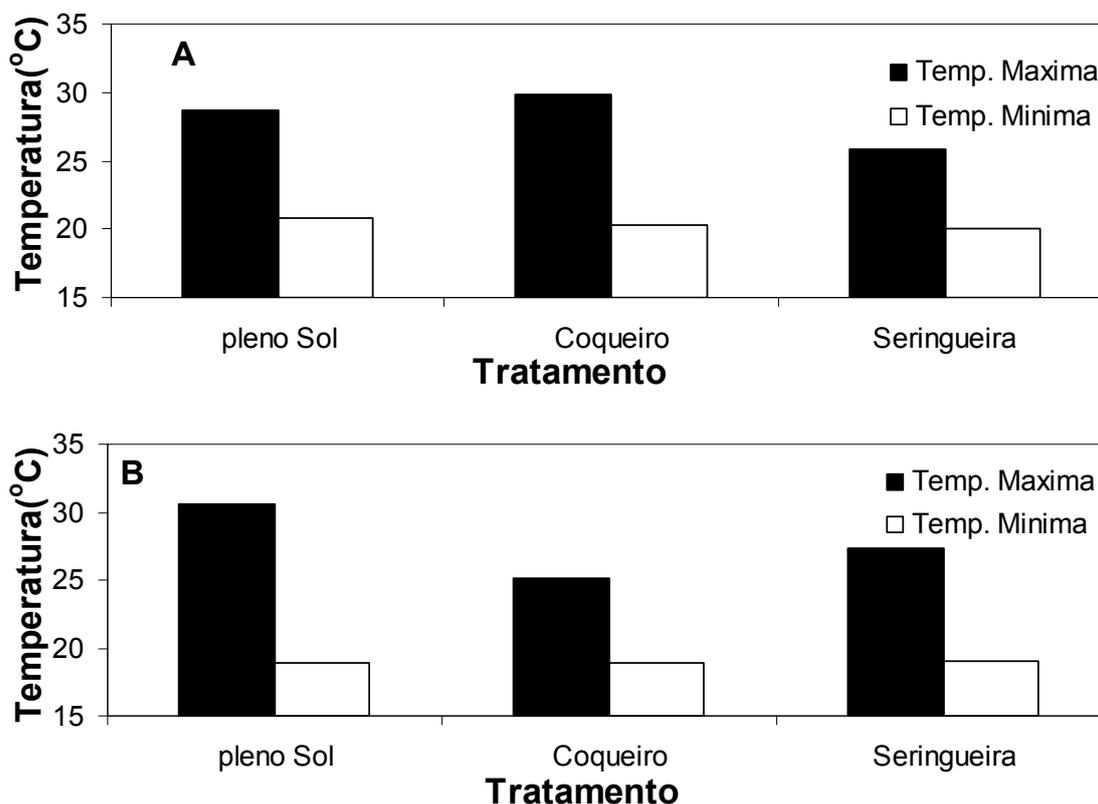


Figura 9: Amplitude térmica durante um dia Nublado de Verão 03/01/2007(A) e um dia Limpo de Verão 15/02/2007(B).

Durante o verão o tratamento com seringueira foi o que teve maior influência em manter a amplitude térmica mais baixa em 5,9°C durante um dia nublado (Figura 9.A), já os outros tratamento com coqueiro anão e a pleno sol foram de 9,5°C e 7,8°C respectivamente, para o dia limpo (Figura 9.B) o tratamento com coqueiro foi mais eficiente deixando a amplitude térmica em 6,5 °C , o tratamento com seringueira 8,4 °C e o café a pleno sol foi de 11,6°C.

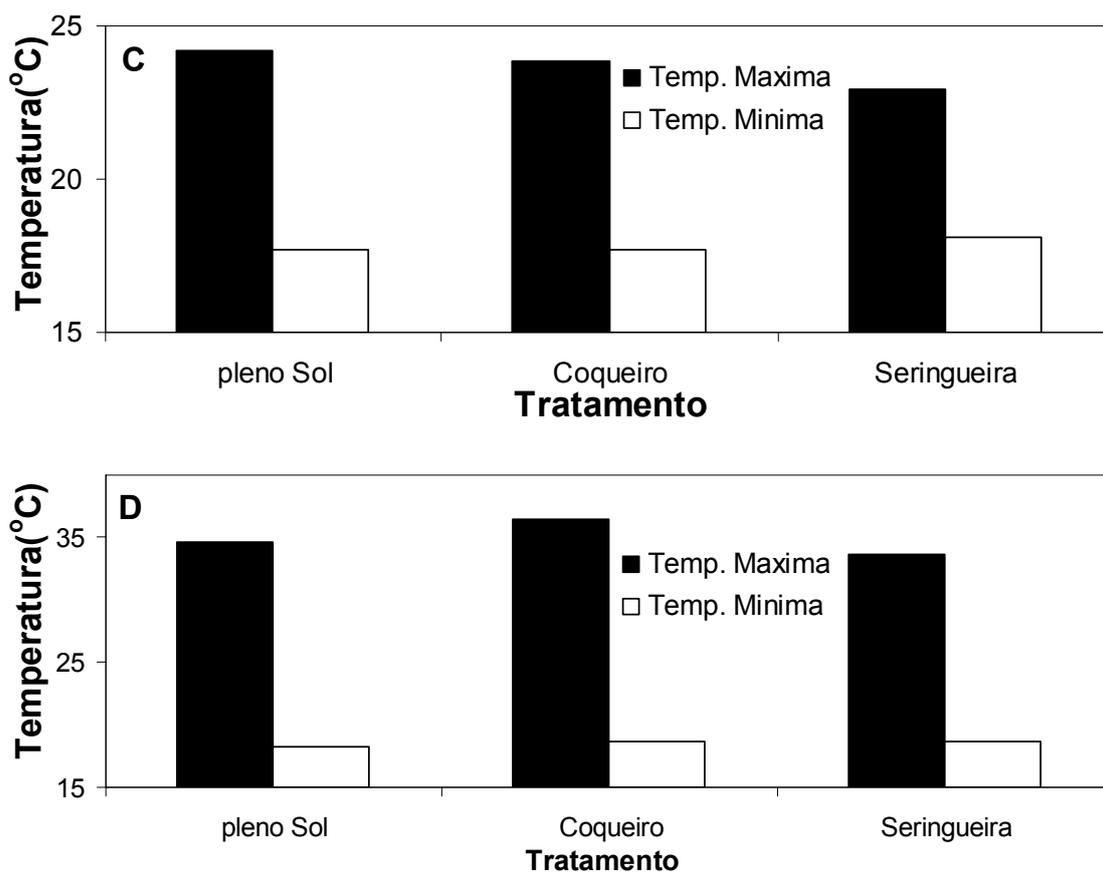


Figura 10: Amplitude térmica durante um dia nublado de Outono 20/03/2007(C) e um dia Limpo de Outono 29/03/2007(D).

Para o Outono o tratamento com seringueira também foi o que teve melhor desempenho em manter a menor diferença na amplitude térmica durante um dia nublado (Figura 10.C). Essa diferença de temperatura foi de 4,8°C, 6,1°C e 6,5°C para seringueira, coqueiro e café a pleno sol, respectivamente. Durante um dia limpo de outono (Figura 10.D) a seringueira também foi mais eficiente em diminuir a amplitude térmica com valor de 14,9°C para o tratamento com seringueira, 17,7°C para o coqueiro e 16,3 °C para o café a pleno sol demonstrando que o tratamento com coqueiro foi o que teve menor influência na amplitude térmica.

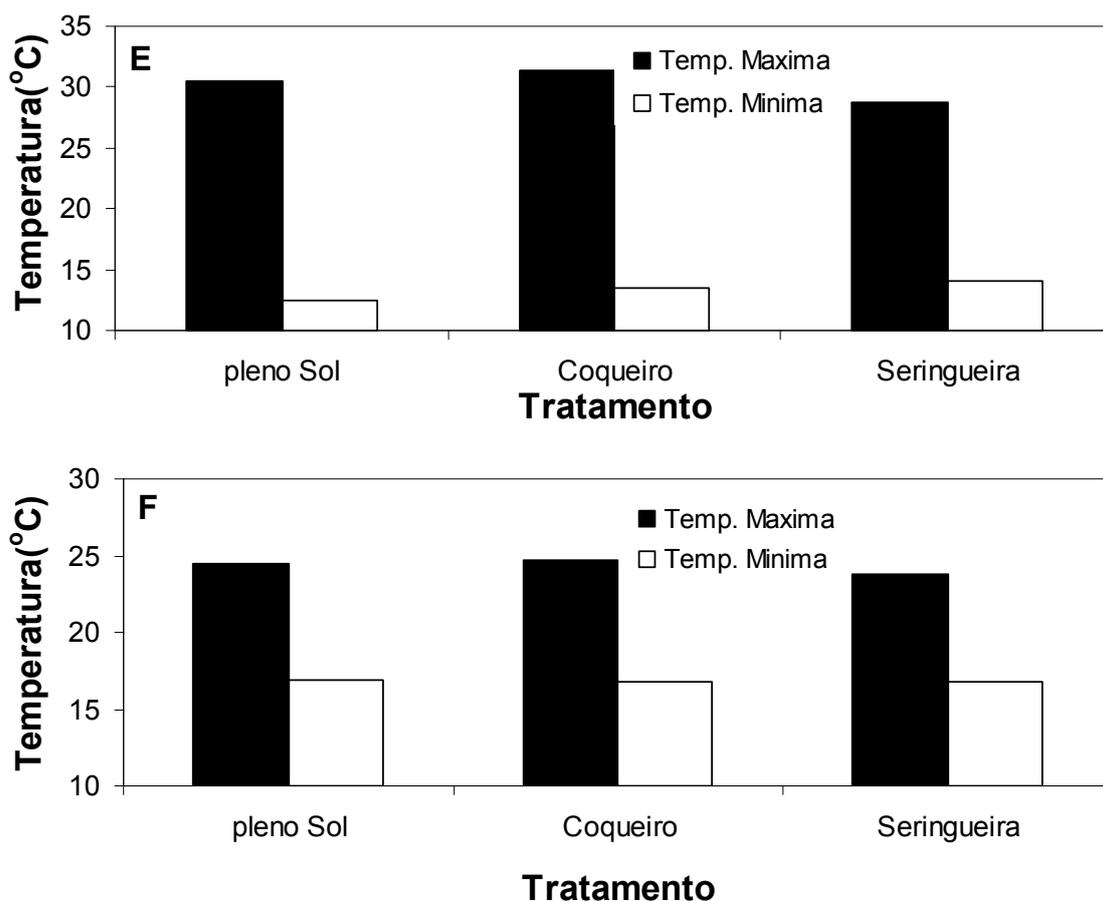


Figura 11: Amplitude térmica durante um dia Limpo de Inverno 10/07/2007 (E) e um dia Nublado de Inverno 24/07/2007 (F)

Observando-se os gráficos da figura 11, pode-se analisar que para um dia limpo de inverno (Figura 11.E) o tratamento com seringueira foi o que se mostrou mais influente em reduzir a amplitude térmica do microclima com um valor de 14,7°C, já os tratamentos com coqueiro e pleno sol tiveram valores próximos 17,9°C e 18,0°C respectivamente durante um dia de inverno com nuvens (Figura 11.F) todos os três tratamento não tiveram diferenças significativas.

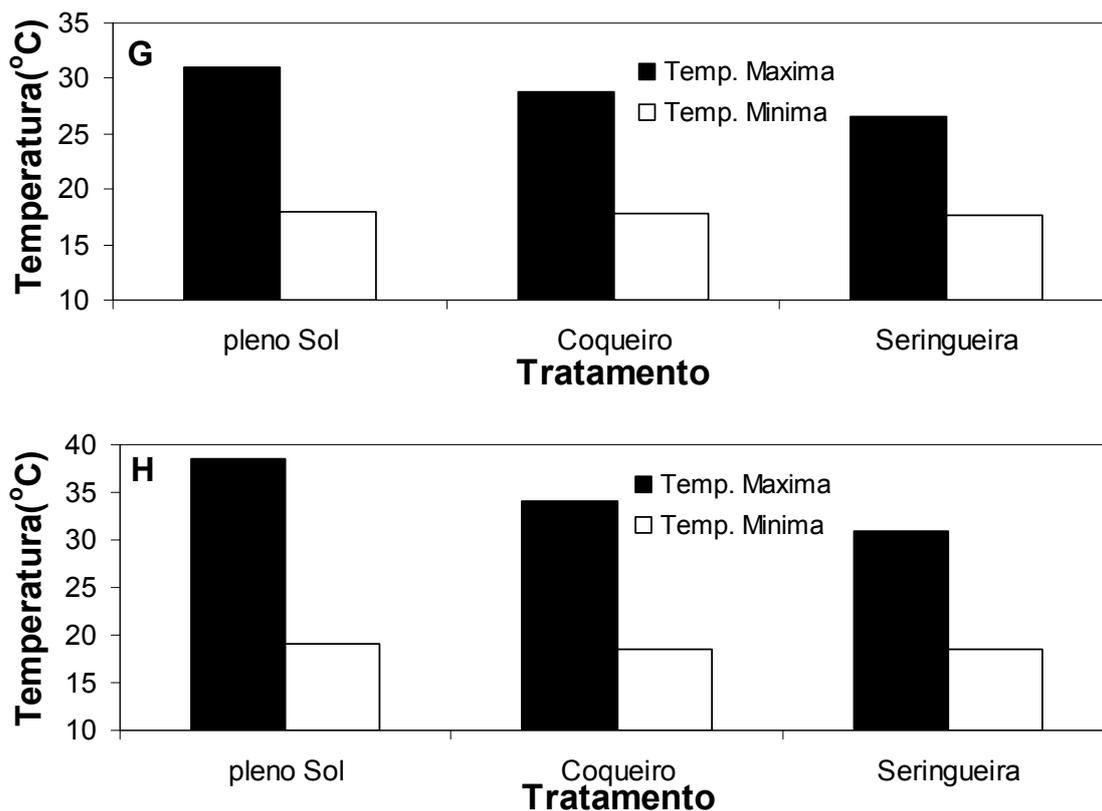


Figura 12 : Amplitude térmica durante um dia Nublado de Primavera 24/10/2007 (G) e um dia Limpo de Primavera 18/11/2007 (H).

Durante a estação da primavera o tratamento com seringueira mostrou-se com mais capacidade de diminuir a diferença entre as temperaturas mínimas e máximas durante um dia nublado de primavera (Figura 12.G) com um valor de 8,9°C entre as temperaturas máximas e mínimas, já para o tratamento com coqueiro a diferença foi de 11,0°C entre as temperaturas e o café a pleno sol foi o que teve menor influência com um valor de amplitude térmica de 13,1°C. Para o dia limpo de primavera (Figura 12.H) a maior variação de temperatura máxima e mínima foi de 19,5°C obtida pelo café a pleno sol e a menor variação foi para o tratamento com seringueira com um valor de 12,5°C e o tratamento com coqueiro foi o mediano com um resultado de amplitude térmica de 15,5°C.

Analisando-se os resultados de amplitude térmica durante as quatro estações do ano, percebe-se a importância da nebulosidade na determinação dos efeitos dos sistemas arborizados em relação ao solteiro.

Os resultados dos sistemas de produção indicam que o tratamento com seringueira foi o que teve o melhor desempenho em reduzir a amplitude térmica do

microclima em um dia limpo para todas as estações e principalmente em dias muito quentes. Somente durante o dia limpo de verão que o tratamento com coqueiro foi mais eficiente em reduzir a amplitude térmica para os dias nublados os resultados foram semelhantes entre os tratamentos arborizados. Esses valores demonstram a importância de se arborizar o cafezal, pois os maiores valores de amplitude térmica foram observados no talhão de café a pleno sol.

Em muitas regiões cafeeiras a ocorrência de grandes amplitudes térmicas aumenta a demanda hídrica das culturas. Estes resultados confirmam a importância da arborização na atenuação da demanda hídrica. MACEDO (2000), argumenta que em regiões do Brasil, onde ocorre déficit hídrico, o consórcio de cafeeiro com árvores podem atuar diminuindo a insolação e a perda de água. (DAMATTA, 2004; DAMATTA, RENA, 2002) também demonstraram que o sistema de arborização pode ser viável especialmente em regiões sujeitas a alta demanda evaporativa da atmosfera ou seca prolongada.

4.8 Variação da Temperatura Horária

Os valores de temperatura horária foram obtidos pelo conjunto psicrométrico que estava instalado na altura do dossel da planta de café, conforme o ponto 2 da figura 2.

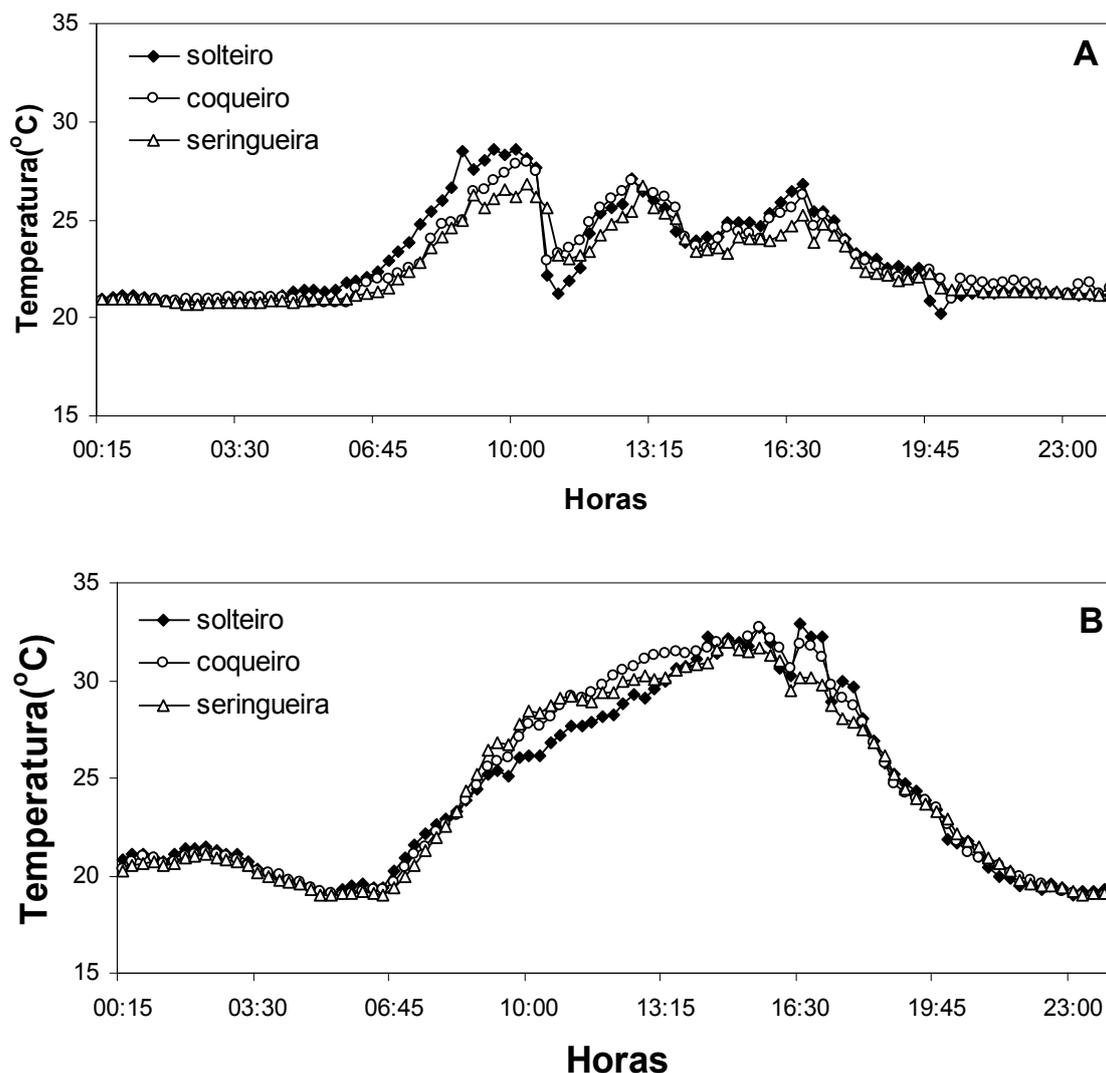


Figura 13: Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 03/01/2007(A) e em dia limpo de verão 15/02/2007 (B)

Os resultados obtidos de um dia nublado da estação do verão (Figura 13.A), o café a pleno sol foi o que teve os maiores valores de temperatura durante um dia completo com resultado de 28,5 °C, o tratamento com coqueiro foi o mediano com valor de 27,8 °C e o tratamento com seringueira foi o que manteve a temperatura mais amena com 26,8 °C. Esses valores são os valores máximos de um dia nublado de verão. Durante um dia limpo de verão (Figura 13.B) o tratamento com coqueiro foi o que manteve as temperaturas mais altas na maior parte do dia e os tratamentos com seringueira e pleno sol não tiveram diferença significativa.

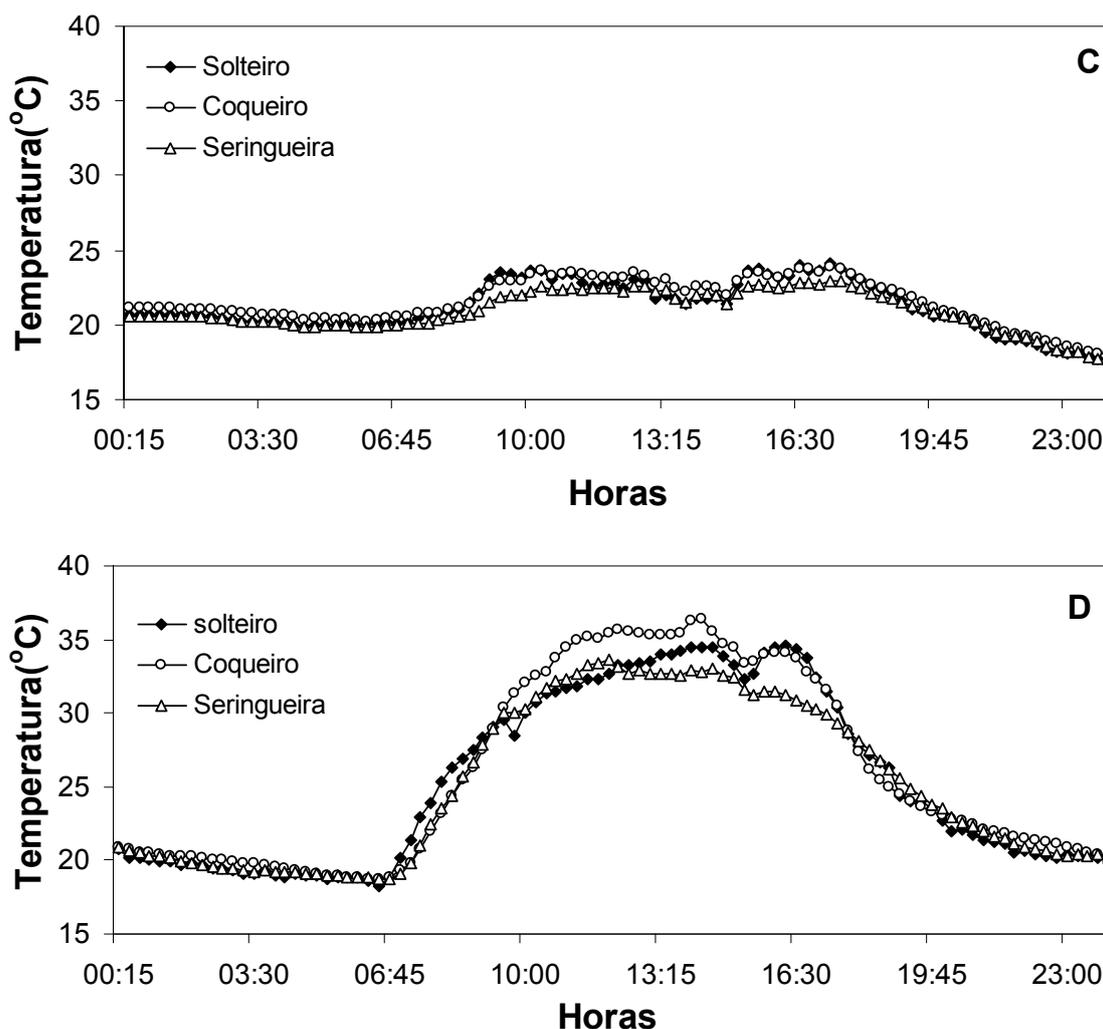


Figura 14: Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 20/03/2007(C) e em dia limpo de outono 29/03/2007 (D).

Analisando os valores de temperatura diária de um dia nublado de outono (Figura 14.C) o tratamento com seringueira foi o que apresentou menor variação de temperatura em relação aos outros dois tratamentos e também o que manteve a temperatura mais amena. Os tratamentos com coqueiro e pleno sol não apresentaram grandes diferenças ficando com as temperaturas diárias mais elevadas em comparação com o tratamento com seringueira. Durante um dia limpo de outono (Figura 14.D), o tratamento com coqueiro foi o que obteve os maiores valores de temperatura diária, o tratamento com seringueira apresentou temperaturas mais foi a mais amenas, enquanto o café a pleno sol apresentou resultados intermediários.

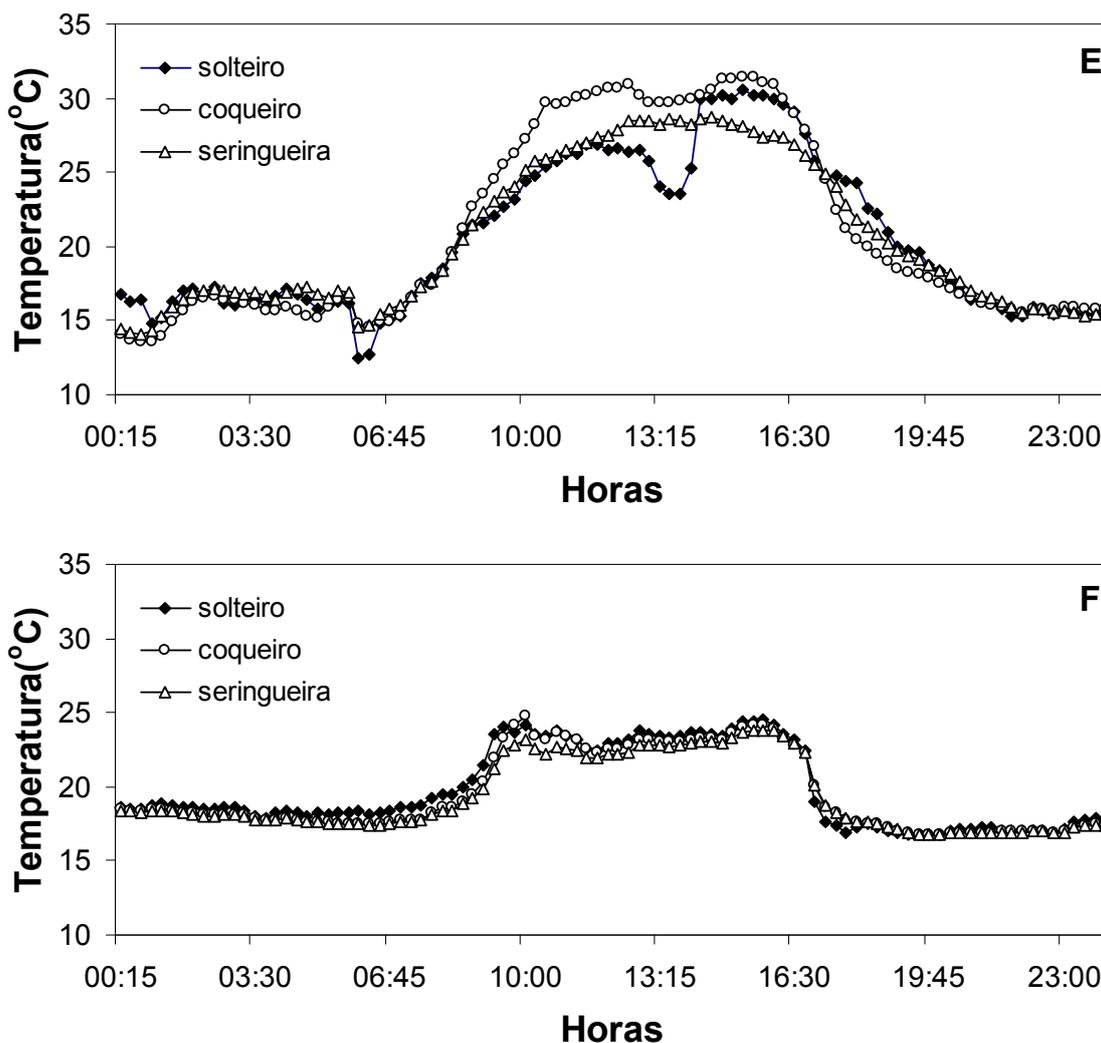


Figura 15: Temperatura horária do ar em °C em dia limpo 10/07/2007 (E) e em dia nublado de inverno 24/07/2007 (F).

As ocorrências diárias de temperaturas durante o inverno para um dia limpo (Figura 15.E) demonstraram que o tratamento a pleno sol foi o que obteve as menores temperaturas principalmente nas horas mais frias do dia sendo mais suscetível às geadas. O tratamento com coqueiro elevou a temperatura em até 2,3 °C em comparação ao pleno sol e o tratamento com seringueira também elevou a temperatura em 2,1 °C, mostrando que os tratamento com arborização pode elevar a temperatura mínima máxima em 2 °C. Essa pequena variação de 2 °C pode ser suficiente para proteger o cafezal de uma geada, com isso evitando prejuízos na produção. Para o dia nublado (Figura 15.F) as temperaturas diárias não apresentaram alterações significativas entre os tratamentos.

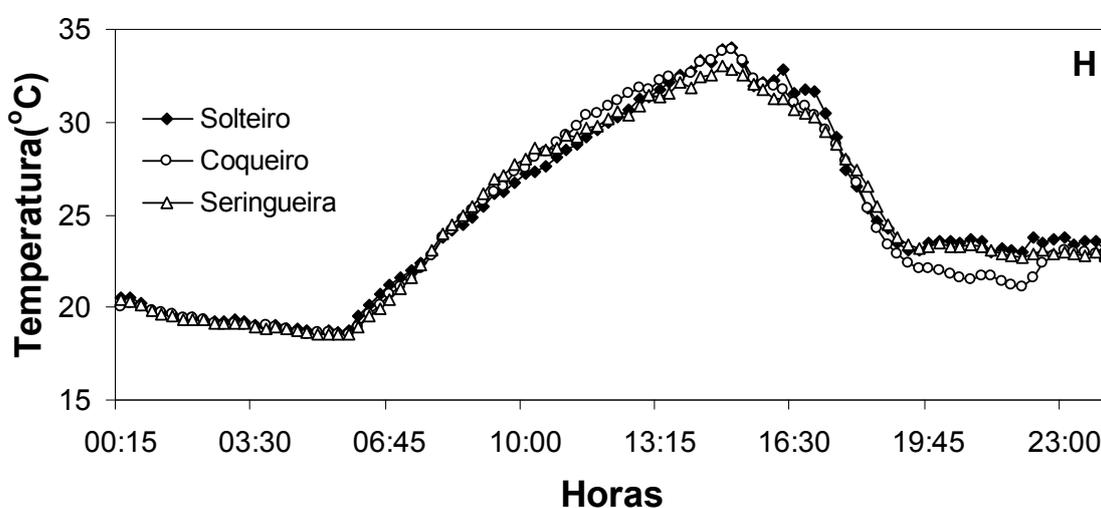
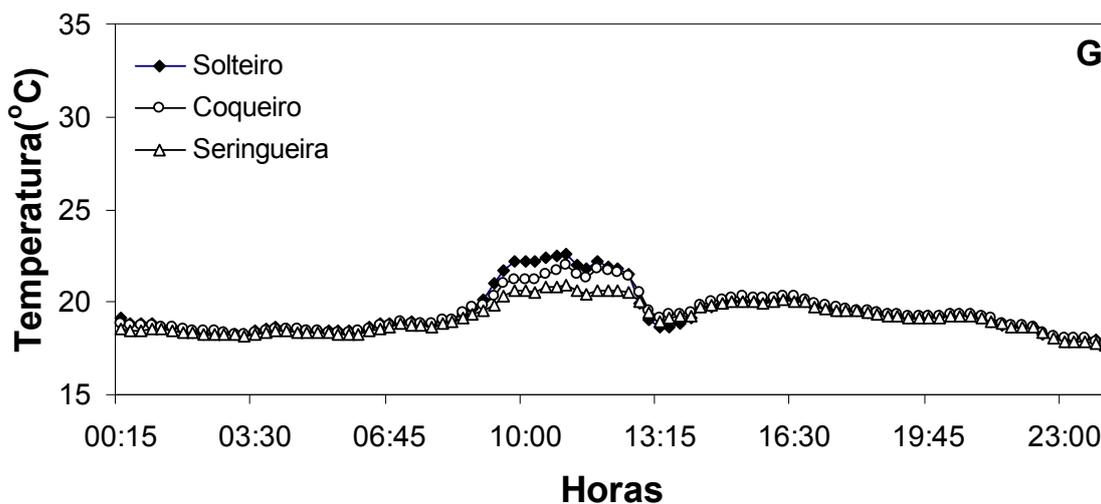


Figura 16: Temperatura horária do ar em °C em dia nublado 24/10/2007 (G) e em dia limpo de primavera 18/11/2007 (H).

O gráfico de um dia nublado de primavera (Figura 16.G) mostra que nas horas mais quentes do dia o tratamento a pleno sol foi o que apresentou as maiores temperaturas chegando a 22,6 °C, o tratamento com coqueiro foi o mediano com 22,0 °C e o tratamento com seringueira apresentou temperaturas de até 20,9 °C. Este último tratamento apresentou menor variação durante o dia todo. Já para um dia limpo de primavera (Figura 16.H) os três tratamentos não apresentaram alterações significativas nas temperaturas.

Os tratamentos arborizados do cafezal permitem manter uma temperatura mais constante durante o dia, ou seja, as temperaturas não sofrem grandes variações durante as vinte e quatro horas diárias. Desta forma o sistema de arborização também ajuda a

minimizar os efeitos de geadas, pois elevam a temperatura mínima em até 2 °C nas horas mais frias do dia.

4.9 Velocidade do Vento

Os valores de velocidade do vento para o sistema de produção de café a pleno sol durante um dia nublado de verão (Figura 17.A) foi o tratamento que apresentou os maiores resultados e tendo um pico de $1,36 \text{ m s}^{-1}$, o tratamento com seringueira foi o que manteve a velocidade do vento mais constante não ultrapassando o valor de $0,5 \text{ m s}^{-1}$ e para o coqueiro foi o tratamento que sofreu mais variações de velocidade do vento durante o dia, já para o dia limpo de verão (Figura 17.B) o tratamento com seringueira foi o que se mostrou mais eficiente em reduzir a velocidade do vento durante esse dia em comparação com os outros três tratamentos.

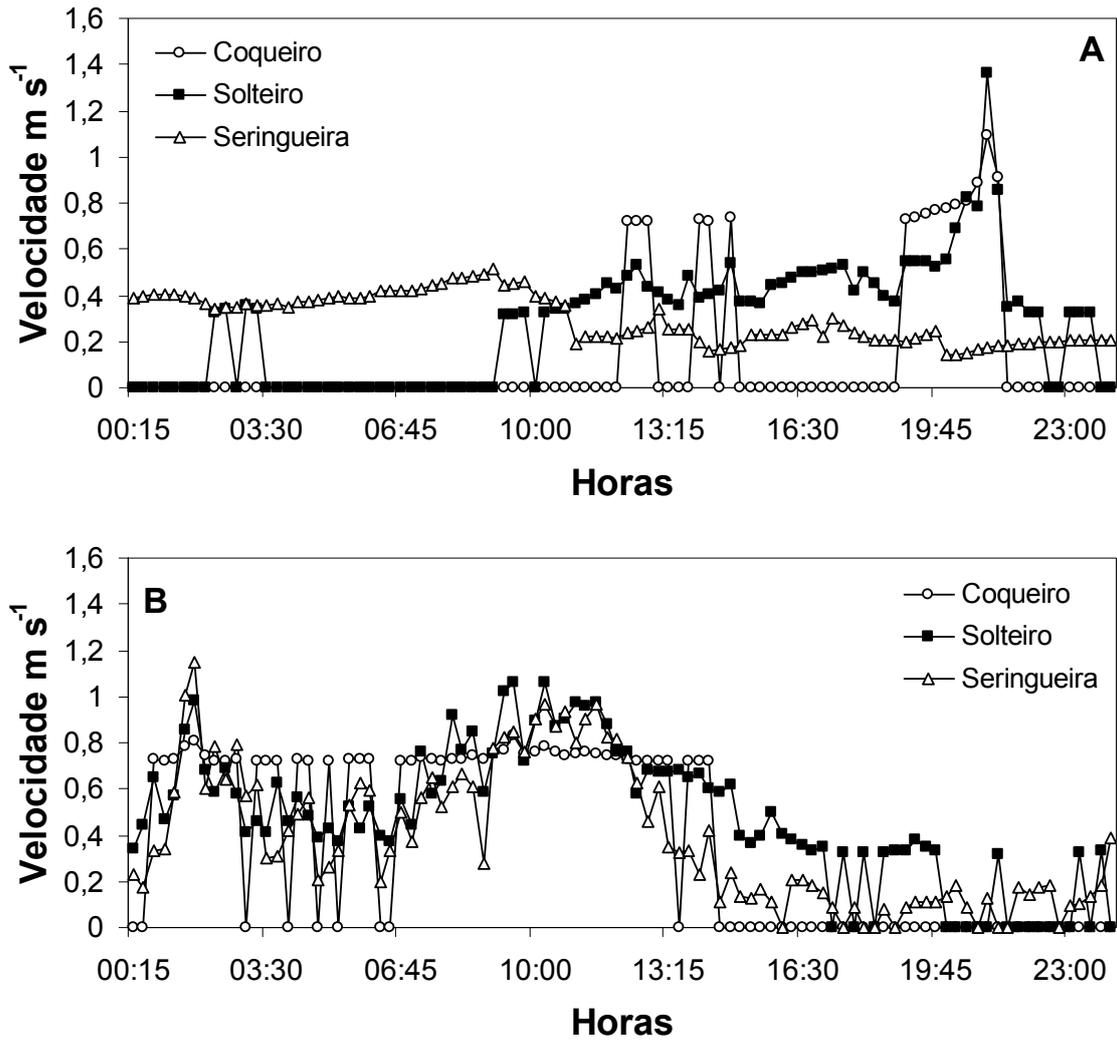


Figura 17: Velocidade do vento em dia nublado 03/01/2007 (A) e em dia limpo de verão 15/02/2007 (B).

Durante o dia limpo de outono (Figura 18.C), observou-se que todos os tratamentos apresentaram muita variação, mas o tratamento com seringueira foi o que se manteve com os valores mais baixos em relação aos outros tratamentos. O gráfico de um dia nublado de outono (Figura 18.D), demonstra a eficiência do tratamento com seringueira em reduzir a velocidade do vento que teve como valor máximo durante esse dia de 0,29 m s⁻¹, enquanto o tratamento com coqueiro foi o que obteve o maior valor de velocidade chegando a 0,77 m s⁻¹ e o tratamento a pleno sol foi o intermediário com valor de 0,54 m s⁻¹.

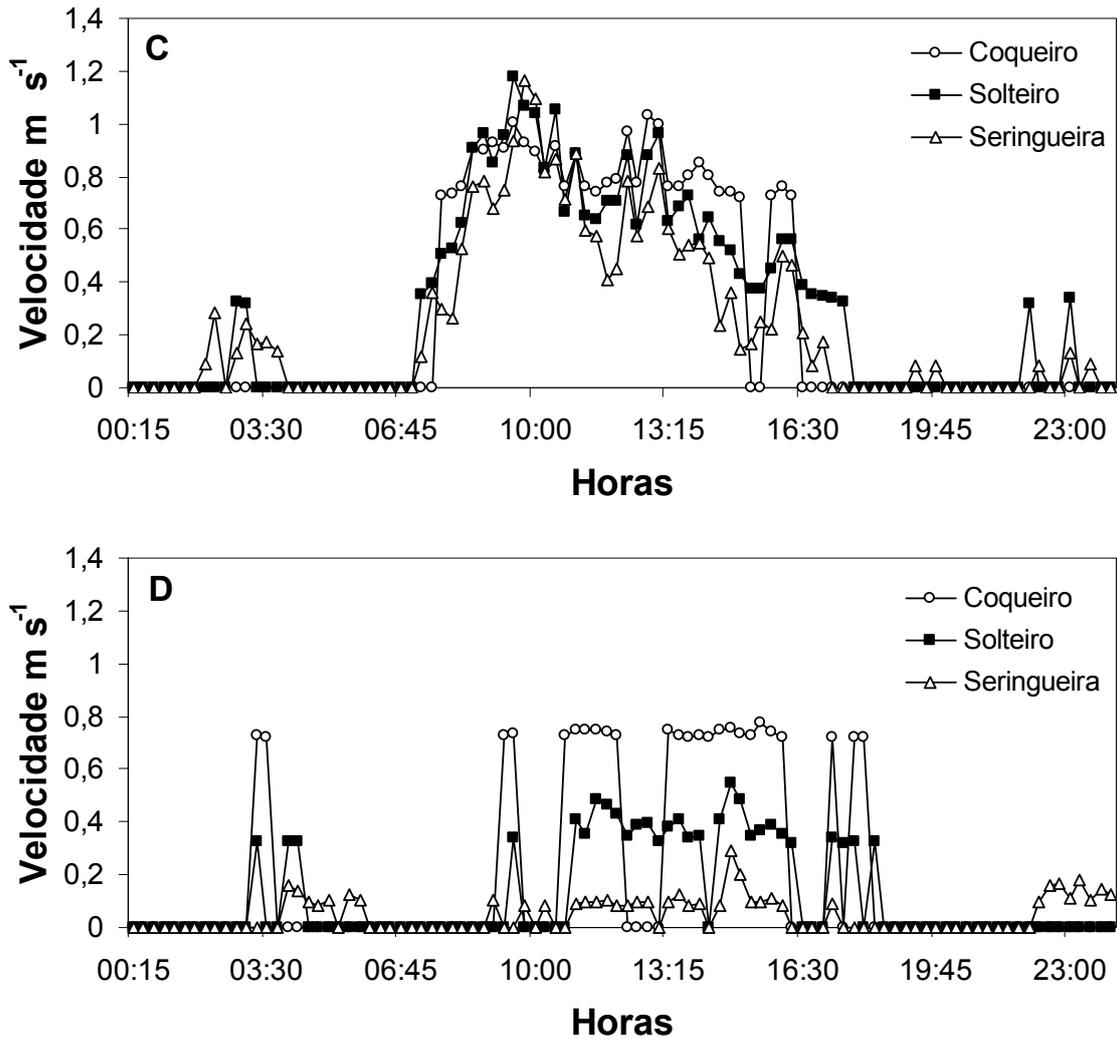


Figura 18: Velocidade do vento em dia limpo 29/03/2007 (C) e em dia nublado de outono 20/03/2007 (D).

Observa-se na Figura 19.E a eficiência da arborização com seringueira em reduzir a velocidade do vento durante esse dia limpo de inverno, tendo uma velocidade média de $0,30 m s^{-1}$. A arborização com coqueiro-anão apresentou o maior valor de velocidade média ($0,34 m s^{-1}$) muito próxima do café a pleno sol ($0,33 m s^{-1}$).

A análise para um dia nublado (Figura 19.F) apresentou resultados semelhantes. A arborização com seringueira foi a mais eficiente em reduzir a velocidade do vento, enquanto a arborização com o coqueiro-anão foi o tratamento que atingiu os maiores valores e o café a pleno sol ficou ente os dois tratamentos arborizados.

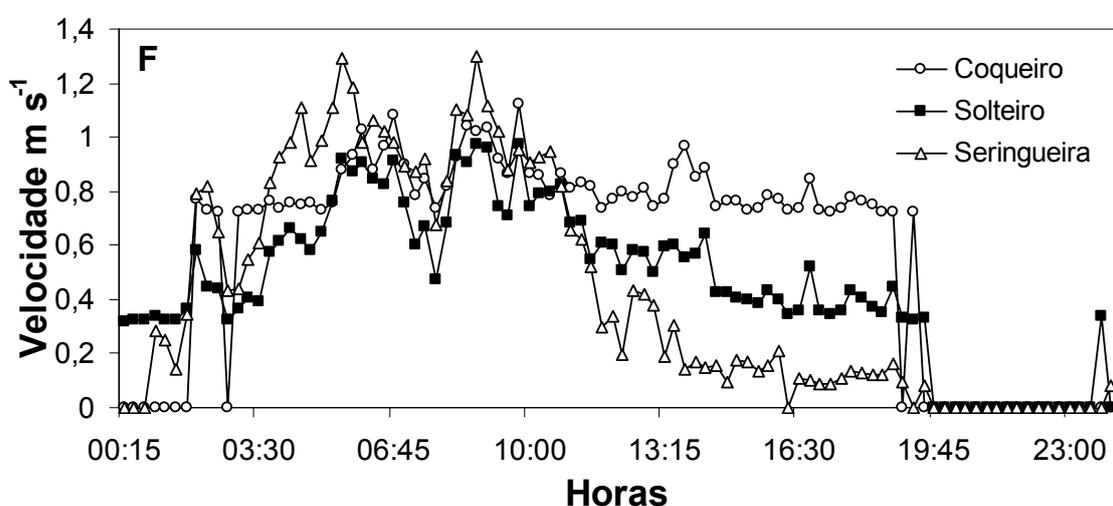
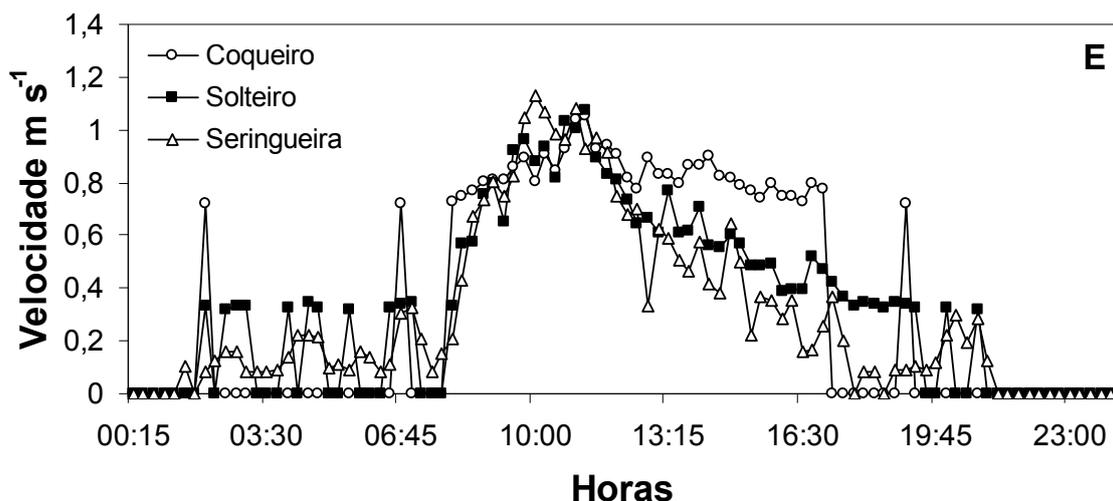


Figura 19: Velocidade do vento em dia limpo 10/07/2007 (E), e em dia nublado de inverno 24/07/2007 (F).

A capacidade de atenuação da velocidade do vento pelos tratamentos arborizados não teve muita influência neste dia limpo de verão (Figura 20.G), pois os valores do café a pleno sol ficaram abaixo dos valores obtidos pelos tratamentos com árvores durante grande parte do dia analisado. Já para o dia nublado (Figura 20.H) o tratamento com arborização com seringueira manteve a velocidade do vento com valores baixos em relação aos outros dois sistemas de produção chegando a atenuar a velocidade do vento em $0,6 \text{ m s}^{-1}$ em comparação com o tratamento com arborização com coqueiro-anão e de $0,5 \text{ m s}^{-1}$ em comparação com o café a pleno sol.

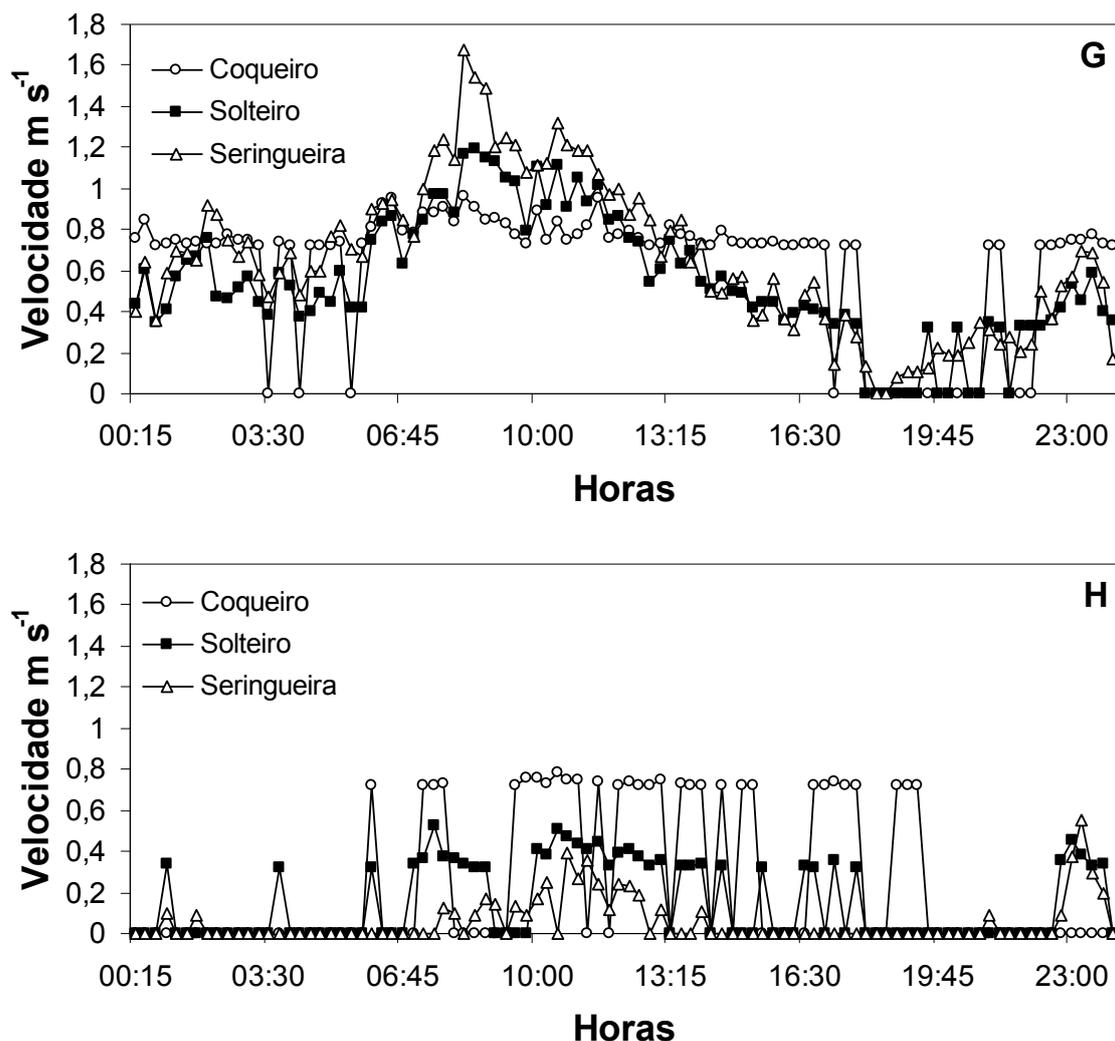


Figura 20: Velocidade do vento em dia limpo 18/11/2007 (G) e em dia nublado de primavera 24/10/2007 (H).

A capacidade de atenuação da velocidade do vento pelos tratamentos arborizados não teve muita influencia em dia limpo de verão (Figura 20.G), pois os valores do café a pleno sol ficaram abaixo dos valores obtidos pelos tratamentos com arborização durante grande parte do dia analisado. Já para o dia nublado (Figura 20.H) o tratamento com seringueira manteve a velocidade do vento com valores inferiores em relação aos outros dois sistemas de produção chegando a atenuar a velocidade do vento em 0,6 m s⁻¹ em comparação com o tratamento com coqueiro e de 0,5 m s⁻¹ em comparação com o café a pleno sol.

CAMARONI et al. (1986) relata que o cafeeiro não tolera ventos com velocidade acima de 2 m s⁻¹, pois pode causar alterações no processo fotossintético devido ao aumento da taxa de transpiração da planta, além de danos mecânicos.

BEER (1987), além de CAMARGO & PEREIRA (1994) relataram que a redução da velocidade do vento promovida pela arborização é um dos efeitos mais benéficos desta prática agrícola.

O tratamento arborizado com seringueira mostrou-se muito eficiente em reduzir a velocidade do vento em todas as estações do ano e também durante os dias nublados e limpos em relação aos outros dois tratamentos analisados. Essa atenuação deve-se ao tipo da arquitetura e enfolhamento do dossel da árvore de seringueira. O tratamento arborizado com coqueiro-anão não teve muita eficiência nestes dias, pois as velocidades de vento ficaram acima do café a pleno sol. Este insucesso pode ter sido causado pela posição dos coqueiros no talhão fazendo uma espécie de corredor de vento e a arquitetura da planta também pode ter influenciado.

4.10 Umidade Relativa

Os resultados obtidos em um dia nublado de verão (Figura 21.A), mostra que o tratamento com arborização com seringueira foi semelhante com o café a pleno sol, já o tratamento com coqueiro-anão apresentou uma redução considerável da umidade relativa (UR%) no período da tarde.

Durante o dia limpo de verão (Figura 21.B) os três tratamentos não apresentaram grandes alterações. Entretanto, o tratamento com arborização com seringueira foi o que apresentou os maiores valores de umidade relativa (UR%) durante todo o dia enquanto os demais tratamentos, arborização com coqueiro-anão e pleno sol, apresentaram resultados semelhantes.

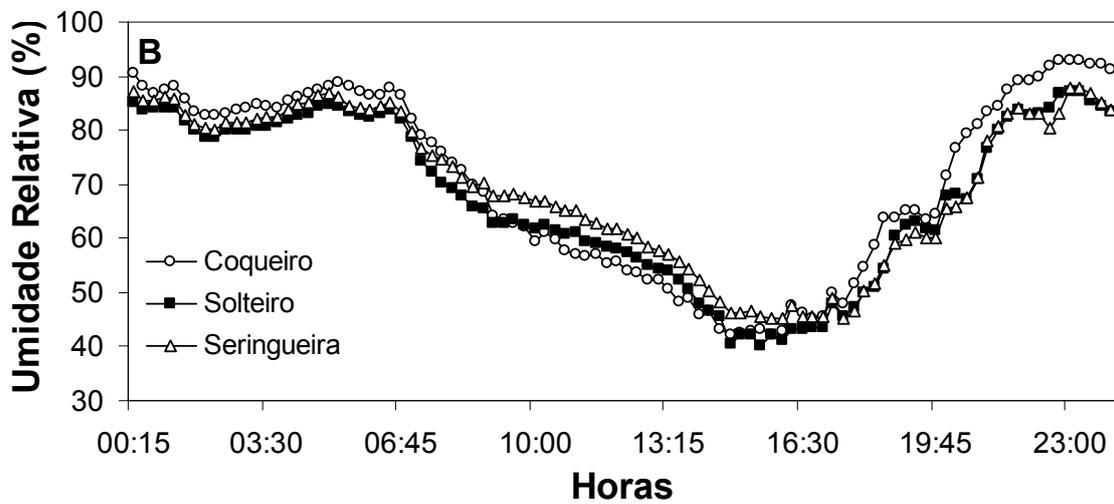
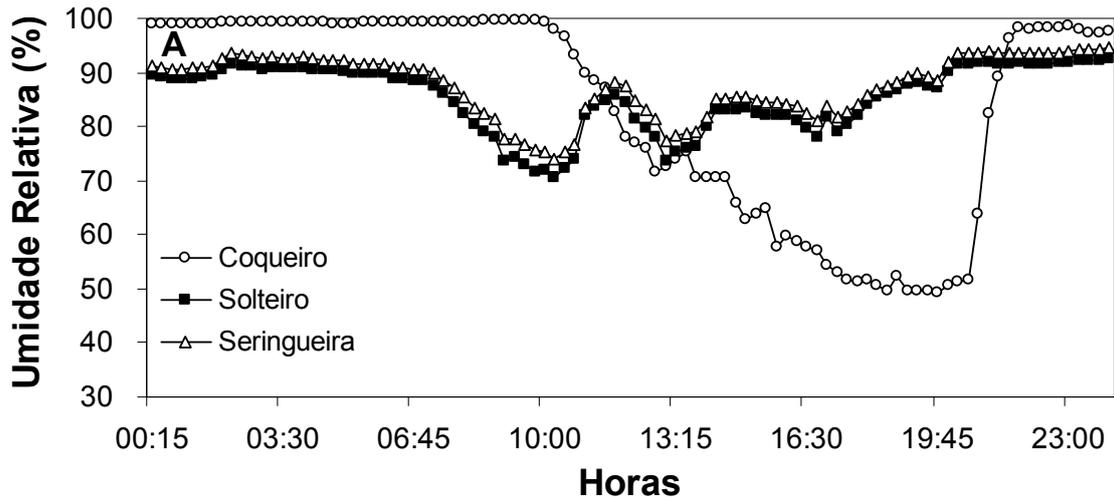


Figura 21: Umidade Relativa (UR%) em dia nublado 03/01/2007 (A) e em dia Limpo de Verão 15/02/2007 (B).

No período da estação de outono, tanto para o dia limpo (Figura 22.C), quanto para o dia nublado (Figura 22.D), não ocorreram variações significativas entre os três tratamentos, para esses dois dias analisados.

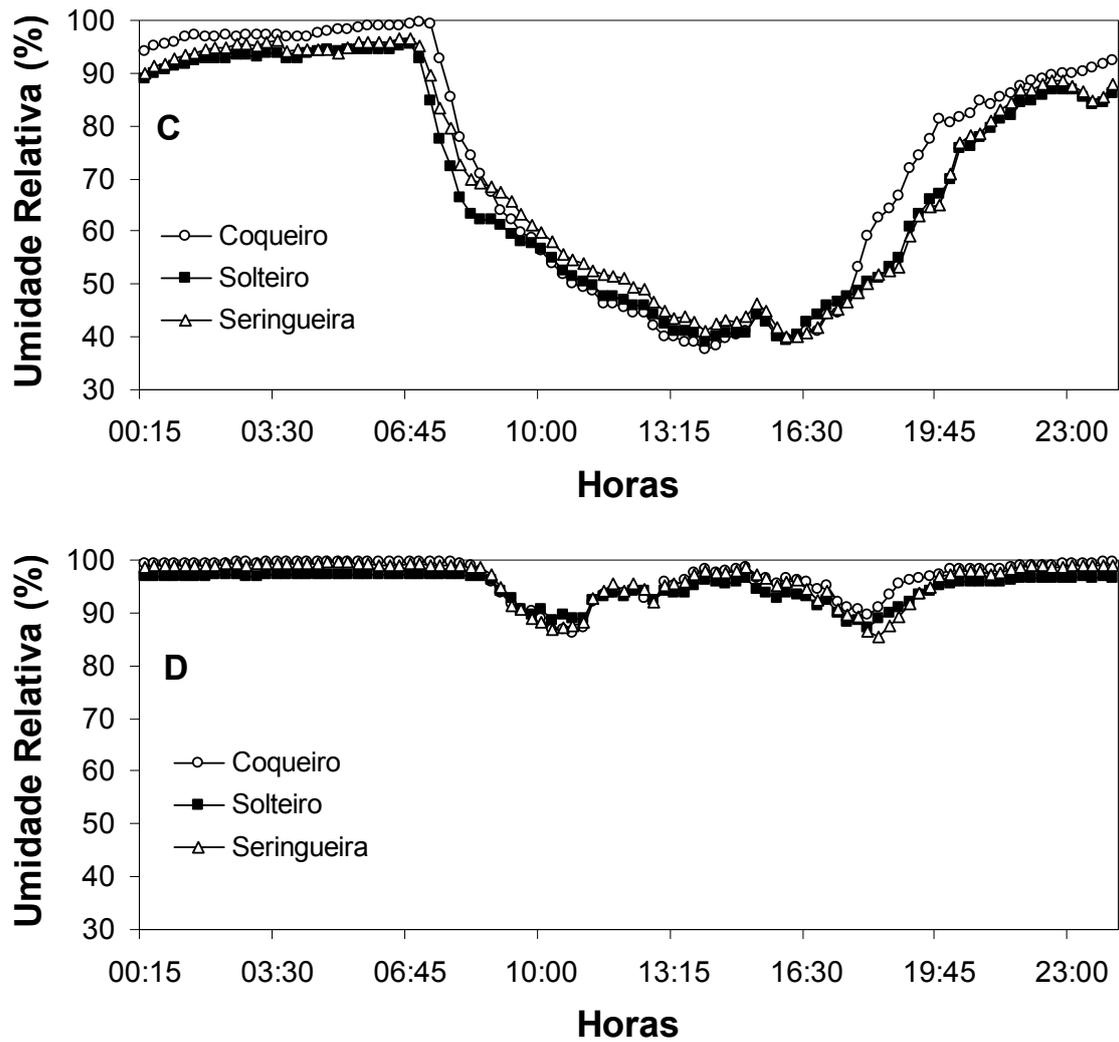


Figura 22: Umidade Relativa (UR%) em dia Limpo de Outono 29/03/2007(C) e em dia Nublado de Outono 20/03/2007(D).

Durante a estação de inverno o tratamento que se demonstrou mais eficiente em manter a umidade relativa um pouco mais elevada tanto para o dia limpo (Figura 23.E), quanto para o dia nublado (Figura 23.F), foi o coqueiro-anão e o café a pleno sol foi semelhante ao tratamento com arborização com seringueira para os dois dias deixando a UR% com valores mais baixos.

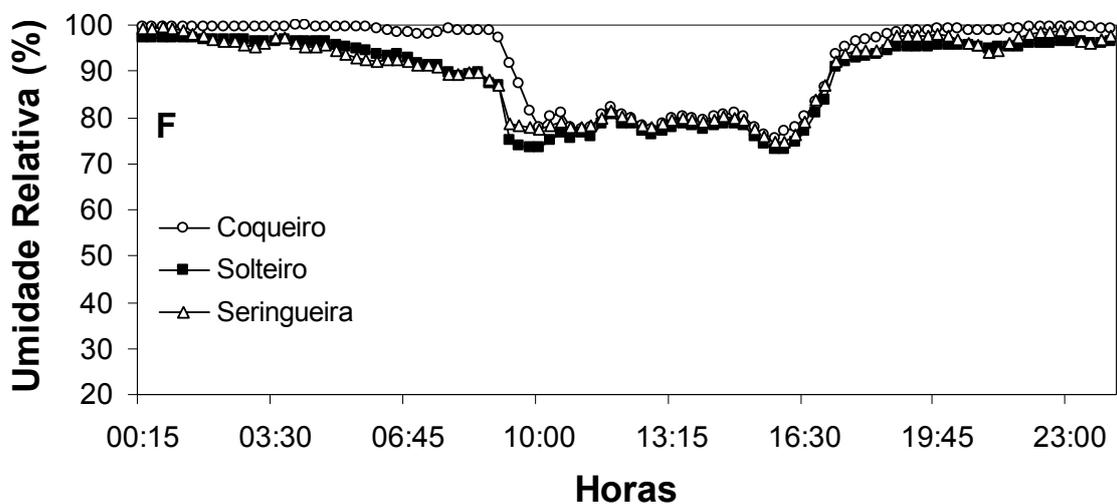
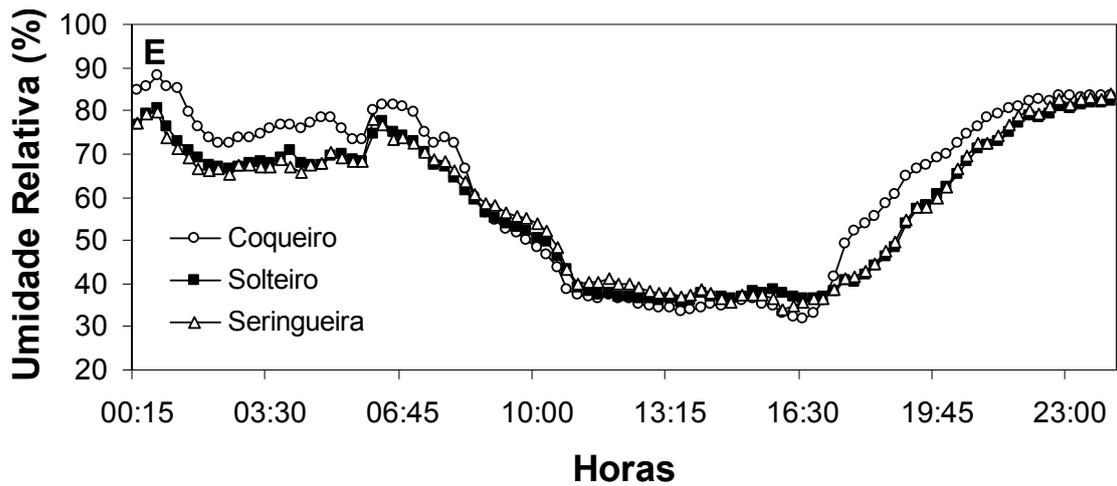


Figura 23: Umidade Relativa (UR%) em dia Limpo de Inverno 10/07/2007 (E) e em dia Nublado de Inverno 24/07/2007 (F).

O tratamento com arborização com seringueira apresentou valores mais elevados de UR% em comparação com os demais tratamentos, coqueiro-anão e café a pleno sol, em um dia limpo de verão (Figura 24.G).

Já para o dia nublado (Figura 24.H) os maiores valores de UR% foram obtidos no tratamento com arborização com coqueiro-anão, principalmente nas horas mais quentes do dia. O tratamento a pleno sol foi o que apresentou valores mais baixos de UR% em relação aos demais tratamentos.

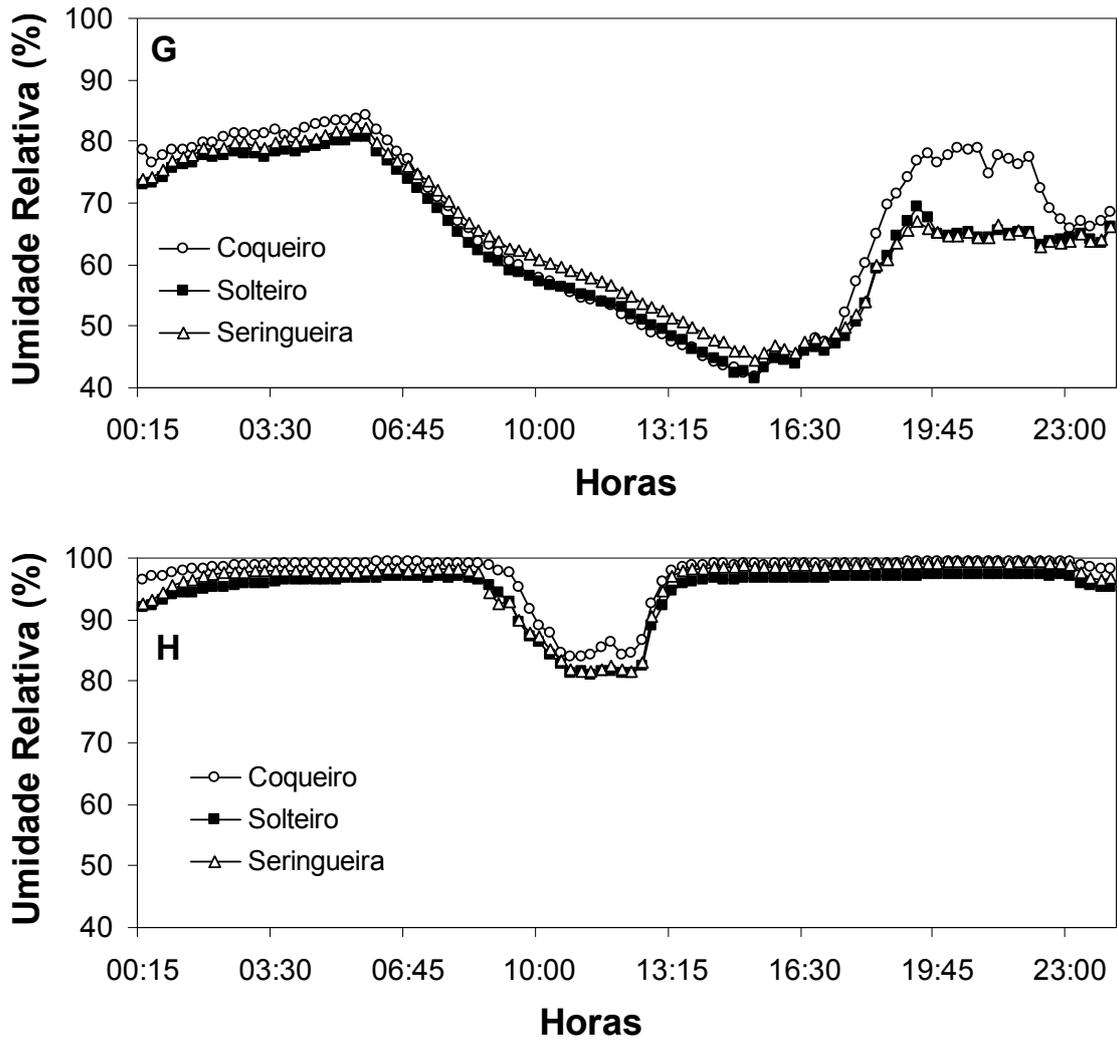


Figura 24: Umidade Relativa (UR%) em dia limpo de Primavera 18/11/2007 (G) e em dia Nublado de Primavera 24/10/2007 (H).

Valores de umidade relativa foram sempre maiores nos tratamentos arborizados em todas as estações do ano, principalmente durante os dias limpos e de temperatura elevada.

Estes resultados demonstram que os sistemas arborizados apresentam valores de umidade relativa do ar mais elevados em comparação com o sistema a pleno sol, que podem ser prejudiciais a doenças fúngicas. Estes resultados estão de acordo com TESH & KUMAR (1978) que também avaliaram que durante as horas mais quentes do dia, a umidade relativa (UR%) foi maior no sistema arborizado acarretando uma maior abertura estomática.

5 CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

a) O tratamento com arborização com seringueira foi o que apresentou melhor desempenho para reduzir a temperatura máxima em até 3°C durante as horas mais quentes do dia, especialmente durante as estações mais quentes do ano.

b) Em dias nublados os resultados foram semelhantes entre os tratamentos arborizados com seringueira e coqueiro-anão.

c) Maiores valores de amplitude térmica foram observados no talhão de café a pleno sol.

d) Os tratamentos com arborização do café ajuda a manter a temperatura mais constante, com menor variação durante o dia.

e) O sistema de arborização minimiza os efeitos de geadas já que o tratamentos arborizados elevam a temperatura mínima absoluta do ar em até 2 °C.

f) O tratamento arborizado com seringueira mostrou-se mais eficiente na redução da velocidade do vento em todas as estações do ano. O tratamento arborizado com coqueiro-anão não apresentou eficiência.

g) Sistemas arborizados apresentam valores de umidade relativa mais elevados em comparação com o sistema a pleno sol, que podem favorecer a ocorrência de doenças fúngicas.

h) O sistema arborizado com seringueira foi o tratamento que obteve maior produtividade em comparação com os outros tratamentos.

i) Em regiões consideradas climaticamente marginais quanto a temperatura média, maiores serão os benefícios da arborização sobre a produção do café.

j) A arborização na cafeicultura é uma prática cultural muito importante e promissora, e que deve ser mais utilizada nas regiões cafeeiras tropicais do Brasil.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.
- BAGGIO, A.J.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI, A.; MONTOYA, L. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. **Agroforestry systems**, v. 37, n. 2, p.111-120, 1997.
- BAILLE, M. et al. Microclimate and transpiration of greenhouse rose crops. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.71, p.83-97, 1994
- BARRADAS, V.L.; FANJUL, L. Microclimatic characterization of shaded and open-grow coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 38, p. 101-112, 1986.
- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; RENA, A.B. Coffee crop ecology. **Tropical Ecology**, v. 36, n. 1, p. 1-19, 1995.
- BATISTELA SOBRINHO, I.; MATIELLO, J.B.; MIGUEL, A.E. Comportamento de cafeeiros Conilon, Mundo Novo e Catuaí, plantados em mata natural e a pleno sol em Sinop-MT. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14., Campinas, 1987. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 185-186.
- BEER, J. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. **Agroforestry Systems**, v. 5, p. 3-13, 1987.
- BEER, J. Café bajo sombra en América Central: hace falta más investigación sobre este sistema falta más investigación sobre este sistema agroflorestal exitoso? **Agroforestería en las Américas**, Cali, v. 4, p. 4-5, 1997
- BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139-164, 1998.
- CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, p. 13-26, 1985a.
- CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.7, p.831-839, 1985.
- CAMARGO, A.P. Clima e fenologia. In: Cultura do café no Brasil: Pequeno manual de recomendações. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, MIC. P.8-22. 1986.
- CAMARGO, A. P. de. A arborização como meio de reduzir as adversidades climáticas e promover a sustentação da agricultura. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 16., Espirito Santo do Pinhal, 1990. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: IBC, 1990. p.6-7.

CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffee crop. World Meteorological Organization. Geneva: CAgM Report No..58. WMO/TD, n. 615, 43 p. 1994.

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

CAMARGO, A. P. DE.; GONÇALVES, P. DE S. (2004). **O Agrônomo**, Campinas, 56(2),

CAMARGO, A.P. Arborização de cafezais, informações técnicas o Agrônomo Campinas, 59(1), 2007.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thonrthwaite e Mather (1955). **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.

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

CAMARONI, P. H.; OMETTO, J. C.; VILLA NOVA, N. A.; COSTA, J. D. Efeitos do vento sobre a muda de cafeeiro Mundo Novo e Catuaí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, volume 21, n. 11, p. 1113-1118.1986.

CARAMORI P.H.; MANETTI FILHO, J. Proteção dos cafeeiros contra geadas. Londrina: **IAPAR**. 1993. 27 p. (IAPAR. Circular Técnica, no 79).

CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLO FILHO, A.; LEAL, A.C. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 33, p. 205-214, 1996.

CARAMORI, P.H.; MORAIS, H. Proteção de cafezais recém-implantados contra geada através do plantio intercalar de espécies anuais. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 25., Franca, 1999. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: PROCAFE, 1999. p.111-112.

CARNEIRO FILHO, F.; CAMARGO, A.P. Observações preliminares sobre arborização em cafezal no Paraná. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14., Campinas, 1987. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: PROCAFE, 1987. p. 65-66.

CARVAJAL, J. F. **CAFETO: Cultivo y fertilización**. 2. ed. BERNA/SUIZA: Insituto Internacional de La Potasa, 1984, 254p

CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; ANTUNES FILHO, H.; JUNQUEIRA, A.R.; ALOISI SOBRINHO, J.; ROCHA, T.R.; MORAES, M.V. Melhoramento do cafeeiro. XXI – Comportamento regional de variedades, linhagens e progênies de café ao sol e à sombra. **Bragantia**, v. 20, p. 1045-1142, 1961.

COELHO, M.J.H. Café do Brasil: o sabor amargo da crise. Florianópolis: OXFAM, 2002 58p.

CRUZ, R. F. R.; et al **Efeito da arborização com guandu na primeira produção de café no norte do Paraná.** In Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, (3.: 2003 : Porto Seguro). Anais. Brasília, DF: Embrapa Café, (447p.), p. 286.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. O estado da arte de tecnologias na produção do café. Viçosa: UFV, 2002. p. 93-135.

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004.

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

DANTAS, F.S.; MATIELLO, J.B.; CAMARGO, A.P. Arborização do cafeeiro com Greville robusta na Região serrana de Pernambuco. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras:, 16., Espírito Santo do Pinhal, 1990. **Trabalhos apresentados.** Rio de Janeiro: IBC, 1990. p. 130-131.

FARFAN-VALENCIA, F.; ARIAS-HERNANDEZ, J.J.; RIANO-HERRERA, N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrio en sistemas agrofloreales con café. **Cenicafé**, v. 54, n.1, p. 24-34, 2003.

FERNANDES, D. R. Manejo do cafezal. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do café**; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 275-301.

FERRAZ, E. C. 1968. Estudos Sobre o Momento em que a Geada Danifica as Folhas do Cafeeiro. Tese de Doutorado. ESALQ-USP. Piracicaba.

FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro sombreado e pelo ingazeiro. **Bragantia**, v. 11, p. 121-125, 1951.

FRANCO, F.S. Diagnóstico e desenho de sistemas agrofloreais em microbacias hidrográficas no município de Araponga, Zona da Mata de Minas Gerais. 1995. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FRANCO, F.S. Sistemas agrofloreais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais da Zona da Mata de Minas Gerais. 2000 147p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOTSCH, E. **O renascer da agricultura.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 24p.

LAZZARINI, W. A cafeicultura no Brasil. In: Instituto Brasileiro do Café - IBC. Curso de economia cafeeira. 1962. t. 1, p. 169-268

LEAL, A. C.; Soares, R. V.; Caramori, P. H.; Batista, A. C. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2000. 157 p

MATIELLO, J.B.; FERNANDES, D.R. Observações sobre arborização de cafezais em regiões de Chapada, na Bahia. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15., Maringá, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 238-240.

MATIELLO, J.B.; DANTAS, F.A.S.; CAMARGO, A.P. de; RIBEIRO, R.N.C. Níveis de sombreamento em cafezal na região serrana de Pernambuco. Parte III. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15., Maringá, 1989. **Resumos**. Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 182.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R. Sistemas de combinação de café com seringueira, no sul de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 17., Varginha, 1991. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: MARA/SNPA/EMBRAPA, 1991. p. 112-114.

MATIELLO, J. B. O café: do cultivo ao consumo. **Globo Rural**, Coleção do agricultor - Grãos, 320 p., 1991

MATIELLO, J. B.; COELHO, C. Observações fenológicas em cafeeiros Conilon cultivados com e sem arborização. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 25., 1999, Franca-SP. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 19-20.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de Café no Brasil: Novo Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE. 2002. 388p.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2001. 145p.

MENDONÇA, E. S., LEITE, L.F.C., FERREIRA NETO, P.S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para a recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v.25, n. 3, p.375-383, 2001.

MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; CAMARGO, A.P.; ALMEIDA, S.R.; GUIMARÃES, S.R. Efeitos da arborização do cafezal com *Grevillea robusta* nas temperaturas do ar e umidade do solo, Parte II. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 21., Rio de Janeiro, 1995. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: PROCAFE, 1995. p. 55-60.

MONTEITH, J.L.; ONG, C.K.; CORLETT, J.E. Microclimatic interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and management**, v. 45, p. 31-44, 1991.

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

MUSCHLER, R. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of environmental key factors. In: Semana Científica Del Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza (CATIE), 3., Turrialba, 1997. Turrialba: CATIE, 1997. p. 109-112.

MUSCHLER, R. G. **Tree-crop compatibility in agroforestry**: production and quality of coffee grown under managed tree shade in Costa Rica, 1998. 219 p. Tese (Doutorado) - University of Florida.

MUSCHLER, R.G. **Árborles en cafetales**: proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba: CATIE, 2000. 139p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal, 5).

NEVES, Y.P.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, C.M.; CECON, P.R. Crescimento e produção de Coffea arabica, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal. In: Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2., Vitória, 2001. **Resumos Expandidos**. Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 1678-1686.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: Legenda expandida. Campinas, Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 64p., 1999.

ONGUGO, P.O. Place of Grevillea robusta in National Agroforestry and Wood Production Policies and Plans. In: Grevillea robusta in Agroforestry and Forestry **Proceedings of an International Workshop**, ICRAF Nairobi, p.29-36, 1992

PEETERS, L.Y.K.; SOTO-PINTO, L.; PERALES, H.; MONTOYA, G.; ISHIKI, M. Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 82, p. 1-13, 2002.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. **Oecologia**, v. 108, n. 3, p. 577-582, 1996.

PEZZOPANE, J.R.M.; GALLO, P.B.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003.

PEZZOPANE, J.R.M., PEDRO JR, M.J., GALLO, P.B., CAMARGO, M.B.P., SOUZA, P.S., ROLIM, G.S. Arborized Coffee Crop in Sao Paulo State, Brazil: Microclimatic, Phenological and Agronomic Evaluations In: 22nd International Conference on Coffee Science, 2008, Campinas, SP, Brazil. **Abstracts**. Lausanne, Switzerland: Association for Science and Information on Coffee - ASIC, 2008. v.22. p.223-223.

PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P.; CORAL, G.; BARBANO, M.T. Um modelo para estimativa de danos causados

por geadas em cafezais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**. Poços de Caldas: Embrapa Café, 2000. p.120-122.

REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. (Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, SOBRADE, 1998. p.163-176.

RIGHI, E.Z. **Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria, RS**. 2000. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo.

ROBINSON, J.B.D. Environmental conditions. In: A Handbook on Arabica in Tanganyika Coffee Board. 1964, p.273-327

RODRIGUEZ, L.C.E. Análise econômica de sistemas agroflorestais: uma revisão de literatura das técnicas de tomada de decisão. In: Encontro brasileiro de economia e planejamento florestal, 2., 1992, Curitiba, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1992 p.317-325

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no Ambiente EXCELLTM para cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6 n.1 p.133-137, 1998.

RUFINO, J.L. Por um planejamento estratégico para o café. *Revista SEBRAE*, n.09, p.86-95, 2003.

SÁ, T.D.A. Aspectos climáticos associados a sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, 1., Porto Velho, 1994. **Trabalhos apresentados**. Colombo: EMBRAPA, 1994. p. 391-431.

SANTOS, A.J.dos. **Approche destinée à analyser la situation forestière d'une region donnée au Brésil: Application au cas d'une région du Nord-Nord-Ouest de l'État du Paraná**. ENGREF, Tese. Doutorado Nancy, 282p. 1993

SCHALLER, M.; SCHROTH, G.; BEER, J.; JIMENEZ, F. species and site characteristics that permit the association of fast-growing trees with crops: the case of *Eucalyptus deglupta* as coffee shade in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 205-215, 2003.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J.; RODRIGUES, M.R.L.; BARROS, E.; MACÊDO, J.L.V. Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 85-102, 2001.

SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, A.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N. da; COSTA, L.C.; COSTA, M.H.; MELO JUNIOR, J.C.F. de; SANTOS, A.R. dos Zoneamento climático do cafeeiro para o estado de Minas Gerais. Viçosa: Embrapa/Funarbe-UFV, 15p., mais anexos, 1999.

SOMARRIBA, E.; VALDIVIESO, R.; VÁSQUEZ, W.; GALLOWAY, G. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. Kluwer. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, p. 111-118, 2001.

SOTO-PINTO, L.; PERFECTO, I.; CASTILO-HERNANDEZ, J.; CABALLERO-NIETO, J. Shade effect on coffee production at the northern Yzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 80, p. 61-69, 2000.

SOUZA, N. L.; OLIVEIRA, L. E. M. de. Influência do sombreamento no crescimento e desenvolvimento de diferentes cultivares de *Coffea arabica* L. In: S Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café/MINASPLAN, 2000. v. 2. p. 1032-1034

TESH, A. J.; KUMAR, D. Some aspects of stomatal behaviour in *Coffea arabica* L. I. Effects of soil moisture, soil nitrogen and potassium, and humidity. **Kenya Coffee**, Nairobi, v. 43, p. 339-343, 1978.

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. Café arábica: cultura e técnicas de produção. Campinas: Instituto Agrônômico, 82p, (Boletim Técnico, 187), 2000.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, Centerton, v. 38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. In: Centerton, N. J. (ed), 104p. (Publ. in **Climatology**, v. 8, n. 1), 1955.

VAAST, P., KANTEN, R.V., SILES, P., DZIB, B., FRANCK, N., HARMAN, J.M, GENARD, M. Shade: A key factor for coffee sustainability and quality. In: **ASIC Conference**, Bangalore, India, 2004. CDROOM.

VALANDRO, J. et al. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com a radiação AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINOAMERICANA solar. In: Congresso brasileiro de agrometeorologia, 2., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1999. 1 CD.

VILLATORO, A. A. (2004) **Matéria Orgânica e Indicadores Biológicos da Qualidade do Solo na Cultura do Café sob Manejo Agroflorestal e Orgânico**. Tese UFRR Instituto de Agronomia Curso de Pós-graduação em agronomia ciência do solo

WALLACE, J.S. The water balance of mixed tree-crop systems. In: ONG, C.K., HUXLEY, P. (Ed.) **Tree-crop interactions – A physiological approach**. Cambridge: University Press, 1996. cap. 6, p. 189-234.

WILLEY, R.W. The use of shade in coffee, cocoa and tea. **Horticultural Abstracts**, v. 45, n. 12, p. 791-798, 1975.

WRIGLEY, G. **Coffee**. New York: Longman Scientific e Technical, 1988. 639 p.

WINTGENS, J. N. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. In: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA (eds). Weinheim, p.12-24, 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)