EFEITOS DA IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR NO RENDIMENTO DO CACAUEIRO *(Theobroma cacao L.)*

MARCOS DE SOUZA LOPES FREIRE
engenheiro agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1993

Ficha catalografica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

F862e Freire, Marcos de Souza Lopes
Efeitos de irrigação complementar no rendimento do
cacaueiro (*Theobroma cacao* L.). Piracicaba, 1993.
127p. illus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Agua no solo - Medida - Sonda de neutrons 2. Ca
cau - Irrigação complementar - Efeito 3. Cacau - Rendi
mento I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Quei-
roz, Piracicaba

CDD 631.7
633.74

**EFEITOS DA IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR
NO RENDIMENTO DO CACAUEIRO
(Theobroma cacao L.)**

MARCOS DE SOUZA LOPES FREIRE

Aprovada em: 23.02.1994

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Tarley Ariel Botrel	ESALQ/USP
Prof. Dr. Osny Oliveira Santos Bacchi	CENA/USP

Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho
Orientador

A TODOS QUE NOS AJUDARAM

AOS MEUS PAIS E IRMÃOS

AOS MEUS FILHOS

À MINHA ESPOSA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho pela orientação dedicada, magnânima, compreensiva e paciente;

A CEPLAC, ao Dr. Antonio Carlos Costa Pinto Dias, Dr. Hircio Ismar de Santana Ferreira, Dr. Teklu Anderbhran, Dr. João de Jesus da Silva Garcia, e a Dr^a Ana Catarina Lôbo do Rosário pelo apoio e empenho em nossa saída para curso.

Ao Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, como o Prof. Dr. Tarley Ariel Botrel, ao Prof. Dr. Antonio Fernando Lordelo Ollita, aos seus funcionários, que nos deram apoio a consecução do presente trabalho.

Ao Departamento de Agricultura da ESALQ/USP também pelo apoio e confiança que nos depositaram no trabalho como Prof. Dr. Durval Dourado Neto, Prof. Dr. José Dias da Silva, e a todos seus funcionários.

A Seção de Física de Solos do CENA/USP, pelo empenho e apoio em nos ajudar, como o Prof. Dr. Klaus Reichardt, Prof. Dr. Osny Oliveira Santos Bacchi, e Prof. Dr. Nilson A. Villa Nova da ESALQ/USP, e aos funcionários João Eduardo Pilotto, e José Ademir Rodrigues, e a todos os colegas da pós-graduação, como Antônio Francisco Souza da EMBRAPA-CNPH, Manoel Dornellas da EMBRAPA-CNPMA e

tantos outros.

Ao Sr. Wilson Machado Coêlho, Dr. Iravaldir Rocha, Dr. Gerson Peres, e Dr. Álvaro A. Texeira Vargas pela luta e empenho para permanecermos no curso.

Finalmente a todos aqueles que direta ou indiretamente deram sua parcela de contribuição.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Irrigação nos cacaueiros.....	5
2.2. Sonda de nêutrons	10
2.2.1. Determinação de armazenagem de água no solo.....	10
2.3. Sistema de irrigação	14
2.3.1. Hidráulica dos microaspersores.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Características gerais da área experimental..	22
3.1.1. Solo.....	22
3.1.2. Clima.....	31
3.1.3. Sonda de nêutrons.....	33

3.1.3.1. Variações mensais do armazenamento, e estimativas da Evapotranspiração da cultura pela sonda de nêutrons.....	37
3.1.4. Tratamentos e delineamento experimental.....	71
3.1.5. Medida da produção.....	71
3.1.6.1. Sistema utilizado de irrigação.....	73
3.1.6.2. Controle de irrigação.....	74
3.1.6.3. Característica hidráulica dos microaspersores.....	77
3.1.6.3.1. Teste para obtenção da curva característica de vazão-pressão e da uniformidade da vazão.....	79
3.1.6.3.2. Teste para determinação do perfil de distribuição de água dos microaspersores do experimento.....	81
3.1.6.5. Equação característica e coeficiente de variação e vazão do microaspersor...	84
3.1.6.6. Perfil de distribuição de água.....	85
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
4.1. Análise da produção de frutos de cacau (<i>Theobroma cacao</i> , L.).....	89

4.1.1. Curva padrão de produção de frutos de cacau durante o ano (período de julho de 1992 a junho de 1993).....	93
4.1.2. Resultados das análises estatísticas.	98
5. CONCLUSÕES.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
APÊNDICE.....	114

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Perfil do solo Terra Roxa Estruturada, mostrando o sistema radicular de um cacauzeiro localizado na área experimental.....	24
Figura 2 - Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 0 a 15 cm.....	26
Figura 3 - Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 15 a 30 cm.....	27
Figura 4 - Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 30 a 45 cm.....	28
Figura 5 - Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 45 a 60 cm.....	29
Figura 6 - Sonda de nêutrons de fabricação francesa (tipo solo 25), com fonte Am-Be e atividade 1,48 GBq (Gigabequerrel = 10^{12} Bq).....	34
Figura 7 - Detalhe de um tubo de acesso para sonda de nêutrons instalado no experimento.....	36
Figura 8 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 02/09 a 18/09/92.....	40

Figura 9 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 16/09 a 22/09/92.....	44
Figura 10 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 22/09 a 28/09/92.....	45
Figura 11 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 01/10 a 05/10/92.....	46
Figura 12 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 19/03 a 26/03/93.....	47
Figura 13 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 26/03 a 30/04/93.....	50
Figura 14 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 30/04 a 04/05/93.....	51
Figura 15 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 04/05 a 12/05/93.....	52
Figura 16 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 12/05 a 21/05/93.....	53

Figura 17 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 21/05 a 28/05/93.....	54
Figura 18 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 28/05 a 16/06/93.....	55
Figura 19 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 16/06 a 23/06/93.....	57
Figura 20 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 23/06 a 02/07/93.....	59
Figura 21 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 02/07 a 09/07/93.....	61
Figura 22 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 09/07 a 09/08/93.....	63
Figura 23 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 09/08 a 20/08/93.....	64
Figura 24 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 20/08 a 27/08/93.....	65

Figura 25 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 09/09 a 21/09/93.....	67
Figura 26 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área não irrigada de 21/09 a 01/10/93.....	68
Figura 27 -Gráfico dos armazenamentos determinados pela sonda de nêutrons solo 25 na área irrigada, no mês de setembro de 1992, como exemplo de área.....	70
Figura 28 -Bancada de teste dos microaspersores	78
Figura 29 -Conjunto motobomba de acionamento elétrico utilizado nos testes de vazão-pressão e distribuição do perfil de água efetuado pelos microaspersores.....	83
Figura 30 -Gráfico em três dimensões do perfil de distribuição de água do microaspersor em estudo.....	87
Figura 31 -Produção de frutos nos tratamentos sem irrigação (testemunha), e irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	96
Figura 32 -Produção relativa de frutos de cacau nos tratamentos sem irrigação (testemunha), e irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	97

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Classificação dos emissores (microaspersores segundo a ABNT (1986), em função do coeficiente de variação de fabricação da vazão.....	20
Tabela 2 - Classificação dos emissores (microaspersores) segundo Estados Unidos (1983).....	21
Tabela 3 - Atributos físicos do solo Terra Roxa Estruturada.....	23
Tabela 4 - Atributos químicos do solo Terra Roxa Estruturada.....	24
Tabela 5 - Umidade a base de volume ($\text{cm}^3.\text{cm}^3$) em função dos valores de potencial mátrico (MPa), em módulo nas diferentes camadas...	30
Tabela 6 - Parâmetros empíricos α ($\text{cca})^{-1}$, m, n, θ_r , ($\text{cm}^3.\text{cm}^3$) referentes ao modelo de VAN GENUCHTEN (1980) utilizando relação de dependência entre os parâmetros "m" e n, e adotando o método de extrapolação de JONG VAN LIER & DOURADO NETO (1993).....	31

Tabela 7 - Vazão média para o microaspersor com dispositivo autocompensante, utilizado no experimento, com diferentes pressões e os respectivos coeficientes de variação da vazão.....	88
Tabela 8 - Valores da precipitação (mm/h) extraídos em função da distância, a pressão de serviço (20 mca), para o microaspersor com dispositivo autocompensante utilizado no experimento com irrigação complementar em cacau.....	88
Tabela 9 - Valores de produções de frutos em unidades no tratamento irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	91
Tabela 10 - Valores de produções de frutos em unidades no tratamento não irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	92
Tabela 11 - Distribuição da produção de frutos de cacau em percentagens mensais, nos tratamentos; sem irrigação (testemunha), e irrigado (80% AD), no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	94
Tabela 12 - Produção mensal de frutos de cacau no tratamento sem irrigação (testemunha), e irrigado (80% AD), do experimento em estudo..	95

Tabela 13 - Rendimento de produção de frutos (unidades/tratamento) no campo experimental do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, no período de julho de 1992 a junho de 1993.....	99
---	----

**EFEITOS DA IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR NO RENDIMENTO DO
CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.)**

Autor: MARCOS DE SOUZA LOPES FREIRE

Orientador: PROF. DR. HUGO GHELFI FILHO

RESUMO

Para verificar os efeitos da irrigação complementar no rendimento dos frutos na cultura do cacau (*Theobroma cacao*, L.), foi conduzido um experimento na ESALQ/USP Piracicaba (SP), em Terra Roxa Estruturada.

Para isto, as parcelas experimentais foram delineadas em blocos casualizados, com dois tratamentos, um irrigado (80% A.D.), e outro não irrigado (testemunha), tomando-se de cada um 12 plantas ao acaso para produção de frutos, as mesmas são híbridos SCA-12 X ICS-6, com 12 anos de idade.

O experimento, na parcela irrigada foi regado pelo sistema localizado de microaspersão, onde foram realizados testes nos microaspersores de fabricação israelense do Kibutz Dam, com dispositivo autocompensante de vazão, e vazão nominal de 20 l/h.

Foram utilizados também no experimento, sonda de nêutrons determinados por médias, as variações mensais no cálculo dos armazenamentos, juntamente com a precipitação pluviométrica, fez-se os cálculos das evapotranspirações da cultura (ETC), tanto no tratamento irrigado, como no não irrigado (testemunha).

As conclusões com relação ao rendimento dos frutos são: (i) que o tratamento irrigado apresenta produção de frutos superiores a 71,4% em relação ao tratamento não irrigado: (ii) verificou-se também, que a curva de produção de frutos durante o ano não se altera em função do tratamento irrigado com o tratamento não irrigado, indicando que os fatores que influenciam a sazonalidade dos frutos em Piracicaba-SP são outros, como polinização, fatores fisiológicos e não a irrigação.

EFFECT OF IRRIGATION ON COCOA-TREE (*Theobroma cacao*, L.)
FRUITS YIELD.

Author: MARCOS DE SOUZA LOPES FREIRE

Adviser: PROF. DR. HUGO GHELFI FILHO

SUMMARY

The objective of this work was to verify the effect of irrigation on the fruits yield of a cocoa-tree crop hybrid SCA-12 X ICS-6, 12 years old.

The experiment was carried out in a clay soil known as "Terra Roxa Estruturada" (Kandiudalfic Eutrudox), located in Piracicaba (SP), Brasil ($20^{\circ} 42' 30''$ S, $47^{\circ} 38' 00''$ W, 580m), from july 1992 to june 1993. The experimental design consisted of two treatments: (i) irrigated with 80% of the available soil-water and (ii) non-irrigated (control).

The irrigation, when necessary, was made by using microsprinklers with flow auto-compensating device and nominal flow of 20 liters/hour.

Soil-water storage along the experiment period was monthly determined by a neutron probe (Solo 25). From these soil-water storage data and also from rain

precipitation data the crop evapotranspiration (ETC) could was calculated, in both irrigated and non-irrigated treatments.

The fruits production was determined by selecting, at randomly, 12 plants in each treatment. Fruits yield was 71,4% higher in the irrigated treatment but the production curves were the same in both treatments.

1. INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é originário botanicamente, da cabeceira da bacia amazônica que é constituída de florestas pluviais da América Tropical, onde até hoje é encontrado em estado silvestre, de leste a oeste do Perú até a foz do rio Amazonas no Brasil, e de sul a norte do Perú até o México. É classificado no gênero *Theobroma*, família Sterculiaceae.

Conforme constado em expedições botânicas nas origens da cabeceira da bacia amazônica, o mesmo dispersou-se em duas direções, do Perú até a foz do rio Amazonas, a leste dando a variedade forastero, e do Perú, em direção ao norte e nordeste do continente americano, para o México, Guatemala, Colômbia e vale do Orenoco na Venezuela, dando a variedade cundeamor ou calabacillo.

Logo após a conquista do México pelo espanhol

Cortez, dos Aztecas, disseminou-se no mundo como matéria-prima principal na fabricação de chocolates, cosméticos e outros.

Há poucos trabalhos sobre a influência da umidade do solo em cultivos de cacau. Este fato decorre da maioria das regiões produtoras ter elevados índices pluviométricos, pois a lavoura cacaueira é muito exigente em recursos naturais como solos férteis, e boa distribuição pluviométrica.

Em estudos sobre os processos fisiológicos do cacaueiro, observa-se que as plantas protegidas de ação dos ventos e supridas em suas necessidades hídricas apresentam um maior desenvolvimento em sua área foliar. No estudo da evapotranspiração do cacaueiro em regiões cujas precipitações são menores que 1.200 mm/ano, verifica-se que para um bom desenvolvimento do cultivo é necessário irrigar, como ocorre nos vales da Venezuela, onde as precipitações não ultrapassam os 800 mm/ano, e em Malawi na África, onde também a irrigação é essencial devido ao longo período de seca, associado a ocorrência de ventos quentes, com o consequente aumento da evapotranspiração nos cacaueiros.

Esses problemas agroclimáticos ocorrem também no Brasil, como no Recôncavo baiano na Bahia e Santa Inês no

Maranhão (SIQUEIRA et alii, 1987; DIAS & SANTOS, 1992; ALVIM, 1965; ORCHARD, 1984; LEE, 1975).

Um dos aparelhos mais eficientes para medição indireta de água no solo é a sonda de nêutrons, principalmente em culturas perenes como o caso em questão, o cacau, em que temos que analisar o estresse hídrico. O tensiômetro é problemático pois o mesmo atinge somente 0,08 MPa (-0,8 bars).

JADIN & CHAUCHARD (1976), realizaram um estudo da dinâmica de água em solos ferralíticos na Costa do Marfim com sonda de nêutrons, mas em cacaueiros em formação com somente 1 ano de idade, e a partir daí e até o momento, não se tem notícias de estudos de armazenamento de água no solo cultivado por cacaueiros (*Theobroma cacao*, L.), utilizando sonda de nêutrons.

A sonda de nêutrons é bastante eficiente na análise da variação temporal do armazenamento de água no solo, que já é um resultado de todas as "entradas" e "saídas" de água no elemento de volume do solo do experimento. Assim, nessas medidas de umidade no solo, a sonda de nêutrons é um aparelho útil por apresentar muitas vantagens em certas situações, como a possibilidade de medir valores de umidade

do solo correspondente a valores de potencial mátrico de - 0,15 MPa (-15 atm) e, ainda menores no mesmo ponto em qualquer profundidade. A única perturbação provocada no solo ocorre durante a introdução do tubo de acesso da sonda. Depois as medidas de umidade são feitas em profundidades já estabelecidas, ao longo do tempo, com a certeza de que toda vez que o instrumento "amostra" praticamente o mesmo volume de solo (GARDNER, 1987; TURATTI et alii, 1990).

O presente trabalho tem por finalidade estudar o efeito da irrigação complementar no rendimento do cacaueiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Irrigação nos cacaueiros

ORCHARD & SANTOS (1987), citam dois tipos de irrigação em cacaueiros em um experimento na Estação Experimental de Pichilingue, Equador. Esses tipos são as reposições de água no solo a cada três semanas e o outro é a reposição de água no solo a cada 6 seis semanas, comparando ambos a um tratamento com mulch, feito com pedaços de Banana da Terra (Plátano) (que serve também como sombreamento provisório do cacaueiro). Os autores não especificam o método nem o equipamento de irrigação utilizado nos processos de reposição d'água. A reposição de água no solo a cada seis semanas mostrou-se inadequada para as condições estudadas.

KHAN et alii (1987), na Bunningbird Hershey Ltd., em Belize, na América Central, apresentam o resultado de um experimento de irrigação complementar por gotejo em

cacaueiros com 5 a 6 anos de idade, em quatro tratamentos que são: 1) a testemunha (sem água aplicada); 2) reposição de 50% da água perdida por evapotranspiração; 3) reposição de 75% de água perdida por evapotranspiração e, finalmente; 4) reposição de 100% de água perdida por evapotranspiração. O método usado foi gotejamento cujo coeficiente de uniformidade foi de 100% de acordo com o método de BRALT & KESNER (1983). Não houve um efeito significativo da água aplicada de irrigação sobre o número total de frutos nos diferentes tratamentos de reposição de água. Os autores observaram também que não houve efeito de aplicação extra de água na estação seca sobre o número de amêndoas por fruto, como também no peso das amêndoas.

DIAS & SANTOS (1992), em uma pesquisa com três experimentos de irrigação em cacaueiro, nos anos de 1990 e 1991 na Estação Experimental de Santa Inês, no Estado do Maranhão, verificaram que nas mensurações biológicas dos cacaueiros o lançamento de folhas na parcela "B" (80% da água disponível) foi marcadamente superior ao número de lançamentos de folhas das demais parcelas ("A" com 50% de água disponível, e "T" testemunha sem aplicação de água), principalmente, nos períodos de agosto/setembro e novembro/dezembro dos anos de 1990 e 1991. Quanto a produção de litter, que no período em questão foi tomada pelo número

de folhas caídas, foi demonstrado que nesse período (90/91) quanto menor o teor de água disponível no solo maior a deposição do litter, o que se acentua a partir do início do período seco (julho/dezembro). A produção de litter foi menor nos tratamentos irrigados (parcela "B" 80% de água disponível e "A" 50% de água disponível).

JADIN & CHAUCHARD (1976), realizaram um estudo da dinâmica de água em solos ferralíticos na Costa do Marfim em Divô, com sonda de nêutrons, mas em cacauzeiros em formação com somente 1 ano de idade, e a partir daí e até o momento, não se tem notícias de estudos de armazenamento de água no solo cultivado por cacauzeiros (*Theobroma cacao*, L.), utilizando sonda de nêutrons.

JADIN & PAULIN (1987), em ensaios de adubação em cacauzeiros, associados ou não com irrigação complementar, usando microaspersores na Costa do Marfim na África, concluíram que nem a irrigação, nem a adubação, modificam o número de óvulos por ovário ou a fertilidade ovular, o mesmo ocorrendo com os ciclos florais. A adubação duplica o número de flores, com ou sem irrigação. As parcelas irrigadas tiveram número de frutos 63% superior ao das parcelas não irrigadas.

ORCHARD (1984), cita que as outras regiões cacaueiras do mundo, como o Equador, o período seco conserva-se por seis meses, entretanto as condições de pouco vento e dias nublados diminuem a evapotranspiração e, assim, não tem um impacto significativo sobre a produção de cacau. HUTCHEON (1973) relata que em Trinidad e Ghana, a seca prolongada algumas vezes chega a provocar a morte dos cacaueiros.

LEE (1975) mostra que, em Malawi-África, a irrigação de cacau é essencial devido ao longo período de seca, junto aos efeitos desfavoráveis dos ventos secos e quentes sobre o aumento da evapotranspiração.

SALE (1970) relata que a diminuição na umidade do solo reduz a área foliar total. LEMEE (1955) mostra que a fotossíntese foi diminuída significativamente, quando a umidade do solo caiu abaixo de 60% a 70% da água disponível e, com isto, tornou-se próxima a negligenciável com o ponto de murchamento permanente (PMP).

ALVIM (1959) relata uma redução significativa na abertura estomatal, observada em mudas de cacau em vasos, que estavam com a umidade do solo reduzidas em 60% a 70%, . BRIDGLAND (1953), SNOECK (1979), GARCIA & MONTOYA (1973) mostraram significantes correlações entre a produção de

cacau, e precipitação pluviométrica para intervalos anteriores a colheita. HUTCHEON & SMITH (1973) mostram que essas correlações contudo dão muito pouca informação sobre o efeito da estação seca na produção de cacau.

Cheeseman¹ e Alvin² citados por KHAN et alii (1988) estabelecem que a falta de tempo seco, é favorável ao crescimento dos cacaueiros, ocasionando um aumento de pecos (queda ou murchamento de frutos novos), com o subsequente aumento do lançamento de folhas novas, em que foram também sempre precedidos por um curto período de diminuição de umidade no solo, ocasionados pela pouca precipitação pluviométrica.

SIQUEIRA et alii (1987) relatam o efeito da irrigação no rendimento do cacaueiro, em solo e clima do recôncavo baiano no Estado da Bahia, Brasil, na Estação Experimental de Sosthenes de Miranda, no município de São Sebastião do Passé. Os tratamentos irrigados com $\pm 80\%$ e $\pm 50\%$ de água disponível no solo, apresentaram rendimentos

¹CHEESEMAN, E.E. *Report on potentialities for cultivation of cocoa in Malaya.* Sarawak & N. Borneo. s.l., Colonial Office, 1948. 44 p. (Colonial Office Report, 230).

²ALVIM, P. de R. Recent studies on environmental physiology of cocoa. in: *INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE*, 7., Douala, 1979. *Proceedings.* Lagos, Cocoa Producer's Alliance, 1980. p. 85-90.

superiores a 100% em relação ao tratamento não irrigado (testemunha). Os autores estimaram uma função de produção dos cacaueiros indicando que, em termos gerais, deve-se irrigar o cacaueiro quando a umidade do solo for de 56% da água disponível, ou quando o potencial da água atingir um valor de $-0,2$ MPa ($-2,0$ Bar). Foi demonstrado que a curva dos meses de produção de cacau no ano, nos três tratamentos, não se altera em função dos diferentes níveis de umidade do citado tratamento. Isso quer dizer que, esta curva depende de outros fatores como polinização, mas não dos níveis de umidade do solo.

2.2. Sonda de Nêutrons

2.2.1. Determinação de armazenamento de água no solo

A armazenagem de água no solo é determinada pela umidade. Como o solo é um reservatório sem fundo, quanto maior a profundidade, maior a quantidade de água armazenada. Com a ação da gravidade, parte da água do solo move-se na direção vertical, no sentido para baixo, saindo da zona radicular, e contribuindo na recarga dos reservatórios subterrâneos. Sendo assim, para determinação correta do armazenamento de água no solo, deve-se definir a profundidade efetiva do sistema radicular.

Para efeitos de agricultura irrigada calcula-se o armazenamento de água tomando-se a profundidade efetiva do sistema radicular como sendo de 70 a 80% da profundidade do volume explorado pelo sistema radicular da cultura. O armazenamento de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular do cacaueiro é dado pela seguinte expressão:

$$S_L = \int_0^L \theta \, dz \quad (1)$$

onde: θ refere-se a umidade do solo (cm^3/cm^3), e z a coordenada vertical de posição ou profundidade (mm) e "L" a profundidade. Como na maioria das situações não se dispõe de um método analítico para interpretação de $\theta(z)$, somente uma estimativa do armazenamento verdadeiro pode ser obtido através de técnicas numéricas de integração.

Na resolução da equação (1), é necessário o conhecimento da variação de θ ao longo de z , no intervalo 0 - L; e como geralmente tem-se poucos dados de θ em L, a integral utilizando o teorema de valor médio, é aproximado por:

$$S_L = \bar{\theta} \cdot L \quad (2)$$

onde $\bar{\theta}$ é o valor médio do teor de água do solo na camada de 0 a L. Quanto maior o número de amostras na camada, tanto melhor será a estimativa do valor médio, e tanto melhor será o resultado da aproximação [equação (2)].

GARDNER (1987) e REICHARDT (1985) mostram muitos métodos para a determinação da quantidade de água no solo; GARDNER considera que as sondas de nêutrons são instrumentos recomendados na medida do teor de água do solo por apresentarem muitas vantagens em certas condições. A maior vantagem destes instrumentos é a possibilidade de se obter valores de umidade do solo em um mesmo ponto em qualquer tempo, pois a única perturbação realizada no solo é a introdução do tubo de acesso da sonda e, depois disto, as medidas poderão ser feitas em profundidades pré-fixadas, ao longo do tempo, com a certeza de que toda vez a sonda de nêutrons "amostra" praticamente o mesmo volume do solo e, com isto, evitando-se o problema da variabilidade espacial.

Apesar do método de moderação de nêutrons encontrar-se em uso por mais de 30 anos, ainda não foi possível, até o presente momento, colocar critérios satisfatórios para sua calibração, sendo essa uma das grandes limitações do método.

Os fatores que afetam grandemente a calibração das sondas de nêutrons são: densidade do solo, mineralogia, matéria orgânica, citados por HOLMES & JENQUINSON (1959), HOLMES (1966), COUCHAT (1967), MCHENRY & GILL (1967), LAL (1974), TURATTI et alii (1990).

TURATTI et alii (1990) realizando estudos em uma área experimental, notaram que a variabilidade do solo foi o principal em que influenciou a calibração da sonda de nêutrons.

HAVERKAMP et alii (1984), CARNEIRO & DE JONG (1985); CHAWLA & TRIPATHI (1987); COSTA & FARIA (1989), relatam as dificuldades na calibração da sonda de nêutrons, mas mostram que estes instrumentos são aparelhos que podem ser utilizados para a determinação de umidade no solo, e consequentemente, para a determinação da armazenagem de água.

Muitos outros autores também mostraram as vantagens do uso da sonda de nêutrons no estudo do armazenamento de água no solo, como COUCHAT (1983), GREMINGER et alii (1985), MONTONNET et alii (1988), CISSE & VACHAUD (1967) e (1988); REICHARDT et alii (1976), KACHANOSKI & JONG (1988), VACHAUD et alii (1985), HAVERKAMP et alii (1984).

2.3. Sistema de irrigação

A microaspersão é um dos métodos de irrigação localizada em que a água é aplicada no solo com baixa intensidade e alta frequência, e visa manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo em pequenas áreas de solo cultivado.

De acordo com NOGUEIRA (1989) e BOTREL (1984), a microaspersão por ser um sistema de irrigação localizada se adapta bem a diferentes condições de solo e cultura.

Segundo VERMEIREN & JOBLINK (1980), a irrigação localizada primeiro foi usada em estufas na Inglaterra em torno de 1940, em culturas abertas em Israel partindo de 1950, mas a importância comercial se intensificou a partir de 1960, com o desenvolvimento de tubos e acessórios plásticos, tendo como vantagens o fácil manejo, economia de mão-de-obra, maior controle e economia da água aplicada, dando a possibilidade de utilização de água salina e o uso de baixa pressão e, conseqüentemente, baixa potência instalada.

De acordo com PUEYA & FORCADA (1982) entre o gotejamento e a microaspersão, as principais diferenças são:

- i) no gotejamento a água é colocada em pontos, e na

microaspersão a água é aspergida, molhando regiões circulares; ii) o gotejamento usa vazões mais baixas que a microaspersão, assim as tubulações são de diâmetros menores.

FISHER (1977) e PUEYA & FORCADA (1982) observaram que no sistema por microaspersão podem ser utilizados filtros mais simples do que os usados em gotejamento, por causa da maior seção de saída da água dos emissores, pois a maior velocidade da água reduz a sedimentação das partículas coloidais nas paredes dos tubos.

Na análise de sistemas de irrigação por aspersão, gotejando e microaspiração, FURUTA et alii (1974), observaram que na cultura de plantas em vasos, o sistema de aspersão induziu uma salinidade baixa na superfície e elevada no fundo; o sistema de gotejamento resultou na salinidade concentrada no fundo, mas a microaspiração causou uma salinidade distribuída da superfície ao fundo. Esses autores concluíram também que os sistemas de gotejamento e microaspersão trouxeram uma melhor eficiência na utilização da água, e na aplicação de fertilizantes, em comparação com o sistema de aspersão.

FOUCHÉ et alii (1979), comparando os sistemas de irrigação por microaspersão, gotejamento, aspersão, e tubos

perfurados, na cultura de laranja, concluíram que, em relação à produção por volume de água, o gotejamento e a microaspersão conduziram a melhores resultados, mas a melhor qualidade dos frutos foi observada no tratamento com a microaspersão.

Os principais fatores que favorecem a aceitação do sistema de irrigação por microaspersão, segundo BOTREL (1984) são: baixa precipitação durante um período curto, altas precipitações se comparados com o gotejamento, disponibilidade de água baixa, água com excesso de sais, utilização de cultivos agrícolas em locais com declividade acentuada, solos arenosos com pequena movimentação de água, custo de água elevado ou mão-de-obra escassa.

2.3.1. Hidráulica dos microaspersores

As características hidráulicas do microaspersor são: i) relação entre vazão e pressão na entrada do microaspersor; ii) perda de carga localizada em suas inserções na linha lateral; iii) o tamanho e a forma da seção de passagem da água; iv) o alcance e intensidade de precipitação.

As características hidráulicas dos

microaspersores [Gilaad et alii¹ (1974), citados por PAES (1985)] são influenciadas pela geometria, o processo de fabricação, o material, e o método de instalação do microaspersor na linha lateral. Essas características, podem ser determinadas em laboratório, devendo estar à disposição dos projetistas e usuários desse método de irrigação.

O componente mais crítico no sistema de irrigação localizada por microaspersão, citado por NAKAYAMA & BUCKS (1986), é provavelmente o emissor, dentre os muitos fatores na contribuição para a precisão com que a água é aplicada às plantas.

Em um sistema de irrigação localizado VERMEIREN & JOBLING (1980), levam em consideração que os emissores devem satisfazer três requisitos básicos: i) descarga baixa, uniforme e constante; ii) abertura suficiente para prevenir entupimento; iii) baixo custo, robustez e homogeneidade.

Os dois principais métodos de dissipação de energia e pressão nos emissores segundo BOTREL (1984) e NOGUEIRA (1989), são o de percurso longo e de orifícios. Mas

¹GILAAD, Y; KRYSTAL, L.; ZANKER, K. Hydraulic and mechanical properties of drippers. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. *Proceedings*. Riverside, 1974. p. 311-16.

em qualquer um dos mesmos, a descarga de um emissor pode ser caracterizada, segundo KELLER & KARMELI (1975), KELLER & BLIESNER (1990) e VERMEIREN & JOBLING (1980), com a seguinte equação:

$$q = K H^x \quad \begin{array}{l} (1,5 \leq H \leq 4,0 \text{ atm}) \\ (1 \text{ atm} = 0,1 \text{ MPa}) \end{array} \quad (3)$$

onde, tem-se:

q = vazão do emissor ($l/h = 10^{-3} \text{ m}^3/h$);

K = coeficiente específico de cada emissor ou vazão do mesmo; é uma constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor ou microaspersor;

H = pressão de operação do emissor ou microaspersor (em atm = 10^{-1} MPa);

x = expoente que depende do regime de fluxo do emissor ou microaspersor, como também do mecanismo autocompensante.

Quanto menor o valor de " x ", menos a vazão será afetada pela variação de pressão, e para emissores ou microaspersores autocompensantes $x \approx 0,0$.

BOTREL (1984), PAES (1985) e NOGUEIRA (1989), determinando as características hidráulicas de modelos de

microaspersores assumiram também equações de vazão na forma potencial.

A grandeza usada na característica da dissipação de energia localizada, fica na dependência do número de Reynolds, da rugosidade e principalmente da geometria da superfície de contato, assim afirma as observações de FEGHALI (1974).

Não é possível fabricar-se um lote de emissores com todos apresentando o mesmo valor de "K", como cita SOLOMON & KELLER (1978), pois os resultados das variações resultantes do processo de fabricação tendem a ser normalmente distribuídos pelo valor médio, resultando assim, que as variações na vazão do emissor a uma determinada pressão, apresentam uma distribuição normal caracterizada por:

$$CV = \frac{s}{q} \cdot 100 \quad (KELLER \text{ e } BLIESNER, 1990) \quad (4)$$

sendo:

CV = coeficiente de variação de vazão (%);
 s = desvio padrão, estimado das taxas de
 vazão da população ($l/h = 10^{-3} \text{ m}^3/h$);

q = vazão média para uma amostra de emissores ou microaspersores (l/h).

Têm indicações que, as causas principais da variação na fabricação, de acordo com NAKAYAMA & BUCKS (1986) são a falta de habilidade para admitir tolerâncias dimensionais causadas pela pressão e temperatura de fabricação, com variações no material utilizado, o molde usado e o projeto do emissor.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1986) a classificação para os emissores em concordância com o valor de coeficiente de variação de vazão encontra-se na (Tabela 1);

Tabela 1. Classificação dos emissores (microaspersores) segundo ABNT (1986) em função do coeficiente de variação da vazão na fabricação.

CV (%)	Classe
- até 10	Bom
- 10 - 20	Médio
- 20 - 30	Marginal
- acima de 30	Inaceitável

A classificação para os emissores (microaspersores) em relação a uniformidade de fabricação, segundo os ESTADOS UNIDOS (1983), também foi feita em função do valor do coeficiente de variação (CV) da Vazão (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos emissores (microaspersores), segundo ESTADOS UNIDOS (1983).

CV (%)	Classe
- até 4	uniformidade excelente
- 4 a 7	uniformidade média
- 7 a 11	uniformidade marginal
- 11 a 15	uniformidade pobre
- acima de 15	inaceitável

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Características gerais da área experimental

O trabalho em questão foi conduzido na área de experimentos do Departamento de Agricultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, da Universidade de São Paulo - USP, localizada no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude Sul, 22° 42' 30" e longitude Oeste 47° 38' 00", altitude média de 576 metros, com relevo ligeiramente ondulado.

3.1.1. Solo

O solo da área experimental, segundo VIDAL

TORRADO & SPAROVEK¹ (1993) foi classificado como Terra Roxa Estruturada eutrófica, "A" moderado, textura argilosa a muito argilosa. Os autores, tomando por base a classificação americana, enquadram o referido solo como um Kandudalfic Eutrudox.

Para caracterização física e química do solo, foi aproveitada uma trincheira com 2 metros de profundidade (Figura 1), aberta nas proximidades da área experimental. Foram retiradas amostras com estrutura indeformada em quatro profundidades (Tabela 3) e deformada em uma profundidade de 0 a 30 cm (Tabela 4).

TABELA 3. Atributos físicos do solo Terra Roxa Estruturada.

Camada (cm)	Granulometria (%)			Densidade das partículas (g/cm ³)	Massa específica do solo (g/cm ³)
	Areia	Siltre	Argila		
0 - 15	45,34	27,96	26,7	2,92	1,53
15 - 30	46,94	19,30	33,76	2,93	1,37
30 - 45	73,55	10,83	15,62	2,96	1,96
45 - 60	73,78	12,60	13,62	2,94	2,09

¹VIDAL TORRADO & SPAROVEK G. Mapa pedológico detalhado 1: 1000 do Campus "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1993. (não publicado)

TABELA 4. Atributos químicos do solo Terra Roxa Estruturada.

Camada (cm)	P	S-SO ₄ ³ (μg/cm ³)	M.O.	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	Al ³ mEq/100 cm ³	H+Al	SB	T	V %	M
0 - 30	8	30,0	2,4	5,0	0,53	2,4	0,7	0,1	3,4	3,6	7,0	51	3

* Análise realizada no Laboratório do departamento de Ciências do Solo da ESALQ/USP.

FIGURA 1. Perfil do solo Terra Roxa Estruturada, mostrando o sistema radicular de um cacaueiro localizado na área experimental.

Para a determinação da curva de retenção de água no solo, foram coletadas amostras de solo indeformadas através de anéis volumétricos de 54 cm³ em quatro profundidades (0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm), com 3 repetições. As amostras foram previamente saturadas em laboratório e submetidas ao processo de secagem com tensões que variavam de 0,01 a 1,5 (MPa). Utilizou-se a mesa de tensão e a câmara de pressão de Richards. Os valores obtidos, para cada profundidade, foram ajustados ao modelo proposto por Van GENUTCHEN (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \cdot h)^n]^m} \quad (5)$$

Onde θ , θ_s e θ_r representam, respectivamente a umidade volumétrica, umidade volumétrica do solo saturado, e umidade volumétrica residual, e α (MPa⁻¹), m e n são parâmetros determinados através de análise de regressão não linear pelo método dos quadrados mínimos.

Nas Tabelas 5 e 6, e Figuras 2 a 5, são apresentados respectivamente, os dados da curva de retenção e os parâmetros empíricos de ajuste da equação (5), para as quatro camadas de solo. os resultados foram obtidos através do "software" apresentado por DOURADO NETO et alii (1990).

FIGURA 2. Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 0 a 15 cm.

Figura 3. Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 15 a 30 cm.

Figura 4. Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 30 a 45 cm.

Figura 5. Curva de retenção de água no solo (Terra Roxa Estruturada), referente à camada de 45 a 60 cm.

TABELA 5. Umidade a base de volume ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) em função dos valores de potencial mátrico (MPa), em módulo nas diferentes camadas.

Ψ (MPa)	camadas (cm) Umidades (cm^3/cm^3)			
	0 - 15	15 - 20	30 - 45	45 - 60
0	0,539	0,429	0,489	0,449
0,001	0,480	0,409	0,460	0,430
0,002	0,459	0,390	0,439	0,420
0,004	0,440	0,379	0,429	0,409
0,010	0,410	0,349	0,410	0,389
0,030	0,379	0,330	0,399	0,380
0,050	0,380	0,319	0,390	0,369
0,100	0,359	0,310	0,379	0,370
0,500	0,349	0,289	0,360	0,349
1,500	0,340	0,270	0,339	0,330

Fonte: FREIRE (1992).

TABELA 6. Parâmetros empíricos α (MPa)⁻¹, m, n, θ_r (cm³.cm⁻³) referentes ao modelo de VAN GENUCHTEN (1980) utilizando relação de dependência entre os parâmetros "m" e "n", e adotando o método de extrapolação de JONG VAN LIER & DOURADO NETO (1993)¹.

Curva	α MPa ⁻¹	m	$n^a/$	θ_r	θ_s	c.a.	F	$ns^b/$
				---(cm ³ /cm ³)---				
1	4093,49	0,048832	1,051339	0,000	0,539	0,974	299,11	0,0005
2	1999,76	0,056819	1,060242	0,000	0,429	0,990	808,66	0,0001
3	5967,28	0,038210	1,039210	0,000	0,489	0,994	1.358,44	0,0001
4	3369,47	0,034312	1,035531	0,000	0,449	0,989	719,1	0,0002

a/n dependente de m: $n = \frac{1}{1-m}$.

b/nível de significância.

3.1.2. Clima

O clima da região da área experimental com cacau é do tipo mesotérmico Cwa ou seja subtropical úmido, com estiagem no inverno, de acordo com a classificação climática de Wilhelm Koeppen, onde a temperatura no mês mais frio é inferior a 18°C e a média do mês mais quente superior a 22°C, também denominado de tropical de altitude por CAMARGO et alii

¹JONG VAN LIER Q. & DOURADO NETO, D. Valores extremos de unidade referentes ao modelo de Van Genuchten. Campinas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1993. (No prelo).

(1974).

As normais climatológicas anuais do local são: i) precipitação: 1.253 mm, ocorrendo a maior parte no verão nos meses de novembro a fevereiro, principalmente com chuvas de alta intensidade e curta duração; ii) temperatura: 21,1°C, sendo a mínima na ordem de 10°C em julho e a máxima da ordem de 30°C em janeiro; iii) umidade relativa: 74%; iv) velocidade do vento: 2,2 m/s com direção E/SE predominante (sendo estas médias anuais de 1971 a 1987) (VILA NOVA, 1989; CERVELINI et alii, 1973).

Os dados meteorológicos deste experimento, é relativo a 12 meses, 1 ano de duração do experimento em questão, são mostrados nos apêndices de 1 a 12 e foram fornecidas pelo Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, com maiores taxas evaporimétricas nos meses de outubro de 1992 a março de 1993, de acordo com os dados do tanque classe "A", e os restantes dos dados referentes a precipitação, a temperatura, e a radiação solar, é aproximadamente as médias dos anos anteriores, com necessidade de reposição hídrica (irrigação), principalmente nos meses de abril, a agosto, de acordo com as exigências hídricas do cacaueiro, na região em estudo do experimento (Piracicaba-SP).

3.1.3. Sonda de Nêutrons

A armazenagem de água no solo foi determinada utilizando a sonda de nêutrons. Foram utilizadas duas sondas de nêutrons, de propriedade da Seção de Física de Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), de fabricação francesa (tipo Solo 25), com fonte Am-Be e atividade 1,48 GBq (Figura 6). Foi utilizada a curva de calibração das sondas de nêutrons elaborada por TURATTI et alii (1990), onde a equação da umidade volumétrica em um solo semelhante ao experimento (Terra Roxa Estruturada) é:

$$\theta = -0,00551 + 0,74418 CR$$

onde:

θ = umidade volumétrica; e

CR = contagem relativa dos nêutrons lentos (ou moderados).

Figura 6. Sonda de nêutrons de fabricação francesa (tipo solo 25), com fonte Am-Be e atividade 1,48 GBq (Gigabequerrel = 10^{12} Bq).

Na área experimental foram instalados 8 tubos de acesso para a sonda de nêutrons com até 1,70m de profundidade, em zigue-zague, com espaço de 6 metros entre os mesmos. (Figura 7)

As medidas de umidade no solo foram feitas nas profundidades de 25, 50, 75, 100, 125 e 150 cm, a partir da superfície do solo e de 7 em 7 dias, aproximadamente, nos períodos de 02 de setembro a 05 de outubro de 1992, como também de 19 de março a 07 de outubro de 1993.

Figura 7. Detalhe de um tubo de acesso para sonda de nêutrons instalado no experimento.

3 . 1 . 3 . 1 . V a r i a ç õ e s m e n s a i s d a
armazenagem, e estimativas da
evapotranspiração da cultura, determinados
pela sonda de nêutrons.

Tomando por base o gráfico das profundidades versus umidades volumétricas (θ), determinados pela sonda de nêutrons (Figuras 8 e 9), calcula-se a armazenagem nas datas estabelecidas, a diferença de armazenagem entre os dias 02/09 a 18/09/92 que acumulou nesse período no solo, e conforme verifica-se na Figura 9, nota-se o consumido pela planta através de sua ETC, no período de 16/09 a 22/09/92 na camada do solo do experimento em estudo de 0 a 75cm, que correspondem as profundidades de absorção de água pelas raízes do cacaueiro (0 a 40cm), e do sombreamento definitivo *Leucaena leucocephala* Lineu (Leguminosae) (0 a 75cm) na área não irrigada do experimento.

A estimativa da armazenagem A (mm) baseou-se no método trapezoidal, que é realizada integrando-se a equação (1) usando a regra desse método de cálculo numérico. Nas medidas equidistantes da sonda de nêutrons (mesmo Δz), tem-se o resultado a equação (2), e como as medições iniciais e finais foram feitas a 1,5 vezes Δz e 0,5 vezes Δz , respectivamente, isto é, 1,5 vezes a medida equidistante Δz na medição inicial, 0,5 vezes a medida equidistante Δz na

medição final, equação de A permanece como:

$$A_{75\text{cm}} = [1,5 \theta_{25} + \theta_{50} + 0,5 \theta_{75}] \Delta z \dots \dots \dots (14)$$

E assim tem-se:

$$A_{75\text{cm}} = [1,5 \times 0,283 + 0,344 + 0,5 \times 0,350] \times 25 \text{ (a 02/09/92)}$$

Deduz-se assim da mesma maneira, para o armazenamento de 18/09/92, logo:

$$\Delta A_{75\text{cm}} = A_{75\text{cm}(18/9)} - A_{75\text{cm}(2/9)}$$

$$\Delta A_{75\text{cm}} = 266.09\text{mm} - 235.862\text{mm} = 30.228\text{mm}$$

$$\Delta A_{75\text{cm}} = A_{75\text{cm}(16/9)} - A_{75\text{cm}(22/9)}$$

Baseando nos cálculos anteriores, tem-se:

$$\Delta A_{75\text{cm}} = 265.701\text{mm} - 259.59\text{mm} = 6.11\text{mm}$$

Sendo que:

$\Delta A_{75\text{cm}}$ - É a diferença da armazenagem de água na camada de 0 - 75cm, com unidade dada por lâmina d'água em milímetros.

$A_{75\text{cm}(18/9)}$ - Armazenagem de água na camada de 0 a 75cm no dia 18/09/92, com unidade também em milímetros

$A_{75\text{cm}(2/9)}$ - Armazenagem de água na camada de 0 a 75cm no dia 02/09/92, com unidade em milímetros

$A_{75\text{cm}(16/9)}$ - Armazenagem de água na camada de 0 a 75cm no dia 16/09/92, com unidade em milímetros

$A_{75\text{cm}(22/9)}$ - Armazenagem de água na camada de 0 a 75cm no dia 22/09/92, com unidade em milímetros

Portanto, entre os dias 02 a 18/09/92 (Figura 8), houve uma diferença de armazenamento positivo de 30,228mm devido ao acúmulo de 66,8mm de precipitação pluviométrica no período.

Figura 8 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada de 02/09 a 18/09/92.

Assim, a estimativa do consumo de água pela cultura através da evapotranspiração da cultura de cacau, no tratamento não irrigado, no período de 16/09 a 22/09/92 (Figura 9), não levando em consideração a Drenagem Profunda e nem o Run Off, pois a cultura é bastante sombreada possuindo bastante littering (restos de folhas e pequenos galhos caídos, muitos deles em decomposição formando o humus), e terreno mais ou menos plano (em torno de 2% de declividade), fatores esses que controlam o Run Off, bem como precipitação pluviométrica não muito intensa em um período curto (abaixo da velocidade de infiltração do solo) portanto:

$$ETC_{(16 \text{ a } 22/9)} = P - \Delta A_{75\text{cm}}$$

$$ETC_{(16 \text{ a } 22/9)} = 50,5\text{mm} - 6,11 = 44,3861\text{mm}$$

$$ETC_{(16 \text{ a } 22/9)}/\text{dia} = 44,3861\text{mm}/6 = 7,40\text{mm}/\text{dia}$$

ETC - Evapotranspiração da cultura do cacau sombreada com *Leucaena leucocephala* (Leguminosae), no período de 16 a 22/09/92, com unidade em milímetros.

P - Precipitação pluviométrica em milímetros (mm), no período considerado.

Assim nesse período de (16/09 a 22/09/92 - 6dias)

(Figura 15), a evapotranspiração da cultura do cacau sombreado com 12 anos de idade foi de 7,4mm por dia, pois veio de um período acumulado de precipitações com cerca de 50,5mm precipitações pluviométricas, e depois com sete dias sem precipitações, portanto período de consumo de água pela planta ou evapotranspiração da cultura, ocasionando a reposição de água através de irrigação no tratamento irrigado.

No final do período do mês de setembro/92, (22 a 28), Figura 10, a diferença de armazenamento foi de 2,56mm, acumulados no solo devido a uma precipitação pluviométrica no período de 25,3mm, e com isto ocasionando uma ETC total de 22,74mm. Assim, sem considerar-se as perdas citadas, tem-se 3,79 de evapotranspiração diária no período em estudo, causados mais pela pouca precipitação e, com isto, dando-se o chamado efeito guarda-chuva (paraplu), citados pelos pesquisadores franceses do IFCC, portanto havendo mais perdas por evaporação no dossel da plantação.

No período de início do mês de outubro de 1992 entre os dias 01 a 05, conforme já exposto, com relação a cálculos, e ilustrado no gráfico da Figura 11 tem-se:

$$\Delta A_{75cm} = A_{75cm(5/10)} - A_{75cm(1/10)}$$

$$\Delta A_{75\text{cm}} = 275.56\text{mm} - 253.66\text{mm} = 21.9\text{mm}$$

Portanto, neste período do início do mês de outubro de 1992, houve um armazenamento no solo de 21.9mm, na camada de 0 a 75cm, ocasionados pela precipitação pluviométrica de 53,5mm.

Figura 9 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada 16/09 a 22/09/92.

Figura 10 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada 22/09 a 28/09/92.

Figura 11 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada 01/10 a 05/10/92.

Figura 12 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada 19/03 a 26/03/93.

Na Figura 12 vê-se que no período de 19 a 26/03/93, houve um armazenamento no solo de 51.81mm, também com perdas por drenagem profunda por causa de 79,30mm de precipitações pluviométricas.

Na Figura 13 vê-se que no período de 26/03 a 30/04/93, portanto, correspondendo ao mês de abril de 1993, houve uma diminuição de armazenamento no solo de -41.65mm, ocasionados pela perda por drenagem profunda, e possíveis run off nas precipitações do dia 31/03 com 40,3mm, e dia 08/04 com 39,5mm, e evapotranspiração da cultura com total de 77,55mm dando com isso 2,28mm por dia, denotando-se a grande necessidade de regar-se no tratamento irrigado(80% AD), durante algumas vezes, como entre 2 a 7/04/93, e entre 11 a 30/04/93, devido a pouca ou quase nada de precipitação pluviométrica, nesses períodos estudados.

No início do mês de maio, tem-se no período de 30/04 a 04/05/93 um armazenamento de 7,68mm (Figura 14), ocasionados por 9,70mm de precipitação pluviométrica dia 03/05/93. Nesse mesmo mês, no período de 04 a 12 houve uma perda de armazenamento de -3,76mm (Figura 15), ocasionados pela falta de precipitação no dia 04/05 e no período de 06 a 12, que apesar da precipitação de 12,8mm no dia 05, foram necessários regas no tratamento irrigado(80% AD), no período de 06 a 12. Prosseguindo nesse mês no período de 12 a 21 (Figura 16), houve uma diferença de armazenamento positivo de

2,10mm, devido a 25,8mm de precipitação pluviométrica no início do período havendo possíveis perdas por drenagem profunda como também por Run Off devido a intensidade de precipitação pluviométrica em um curto período de tempo.

Prosseguindo no mês de maio de 1993 no período de 21 a 28 (Figura 17), houve uma diminuição na diferença de armazenagem de -4,83mm, devido a falta de precipitação no período, ocasionando com isto uma ETC de 4,83mm no período, em estudo.

Dando seguimento, no período de 28/05 a 16/06/93 (Figura 18), houve um armazenamento de 8,63mm no período, ocasionados por uma precipitação total de 77,0mm, com consumos ocasionados por drenagem profunda, run off, e ETC total de 68,37mm, portanto ETC/DIA de 3,42mm no período em questão sem considerarmos as perdas citadas.

Figura 13 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sondade Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 26/03 a 30/04/93.

Figura 14 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 30/04 a 04/05/93.

Figura 15 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 04/05 a 12/05/93.

Figura 16 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 12/05 a 21/05/93.

Figura 17 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 21/05 a 28/05/93.

Figura 18 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 28/05 a 16/6/93.

No período de 16/06 a 23/06/93, conforme Figura 19, houve um armazenamento de 8,38mm, com uma precipitação pluviométrica no período de 31,2mm, portanto com uma evapotranspiração total de 22,82mm, assim com uma evapotranspiração diária de 3,24mm sem considerarmos as perdas por drenagem profunda.

Figura 19 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 16/06 a 23/06/93.

Outro período sem precipitações foi de 23/06 a 02/07/93 (Figura 20), com uma perda de armazenamento de 10,15mm, e com isto ocasionando uma ETC de 10,15mm, e diariamente no período de 9 dias uma evapotranspiração diária de 1,13mm, como em casos anteriores devido a baixos potenciais de água retida no solo e que, muitas vezes, é a água não disponível às plantas.

Figura 20 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 23/06 a 02/07/93.

No período seguinte de 02/07 a 09/07/93 (Figura 21), também sem precipitações, a diminuição de armazenamento na profundidade citada (de 0 a 75cm), foi de 2,4mm em 7 dias portanto com uma ETC ainda menor (se compararmos aos outros períodos sem precipitação) de 0,34mm ao dia, naturalmente porque atingiu a potenciais em torno ou abaixo de 0,15 Mpa ou 15atm, portanto água do solo não disponível às plantas que no presente caso é a cultura de cacaueiro híbrido sombreado, objetivo do nosso presente estudo.

Figura 21 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 02/07 a 09/07/93.

Entre 09/07 a 09/08/93 (Figura 22), que incluem dois terços do mês de julho e os primeiros nove dias do mês de agosto de 1993, tem-se no período um armazenamento negativo em perdas por ETC, pois as precipitações pluviométricas do período foram escassas com um total de 18,30mm, e no dia 14/07 a maior foi de 12,7mm, portanto tem-se de perdas no armazenamento de 18,30mm, ETC total de 31,97mm, e uma evapotranspiração diária de 1,03mm, causadas como já viu-se nas vezes anteriores pelos baixos potenciais de água praticamente não disponível as plantas principalmente pelos muitos dias sem reposição de água na área não irrigada objeto do estudo em questão, diferente da área irrigada por microaspersão, que há reposição de água, e assim vê-se nas condições dos solos com terra roxa estruturada a necessidade de reposição hídrica no cultivo do cacau sombreado, onde o mesmo não pode ficar a pleno sol, sofrendo mortes das plantas como baixa produção de frutos mesmo com a alta fertilidade do solo.

Figura 22 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 09/07 a 09/08/93.

Figura 23 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 09/08 a 20/08/93.

Figura 24 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 20/08 a 27/08/93.

No período de 09/08 a 20/08/93 (Figura 23) de 11 dias tem-se um de armazenamento 16,84mm, ocasionados por 32,10mm de precipitação pluviométrica. Mas, no período de 7 dias de 20/08 a 27/08/93 (Figura 24), houve um armazenamento de 16,57mm, para uma precipitação no período de 50,3mm, e portanto uma ETC total de 43,74mm, e como nos casos anteriores, não levando-se em consideração perdas por drenagem profunda, logo, a evapotranspiração diária será de 6,25mm, naturalmente devido a água facilmente disponível às plantas, em três dias de precipitação no período.

Figura 25 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 09/09 a 21/09/93.

Figura 26 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área não irrigada, nos dias 21/09 a 01/10/93.

Em 12 dias, de 09/09 a 21/09/93 (Figura 25), a perda por armazenamento foi de 10,21mm, com 6,9mm de precipitação pluviométrica, assim com ETC de 17,11mm, portanto com uma evapotranspiração de 1,43mm por dia, assim como nos períodos anteriores a baixa ETC/dia foi devido a água do solo não facilmente disponível.

Assim, no período de 10 dias de 21/09 a 01/10/93 (Figura 26), houve um armazenamento de 13,1mm, para uma precipitação no período de 95,8mm, e portanto uma ETC total de 82,66mm, e como nos casos anteriores não levando-se em consideração perdas por drenagem profunda, e nem por run off, logo a evapotranspiração diária será de 8,27mm, naturalmente devido a água facilmente disponível às plantas, nos dias de precipitação no período.

Finalmente na área irrigada (80% AD), verifica-se (Figura 27), a quase nenhuma variação nos armazenamentos, pois quando a umidade do solo atinge 80% de água disponível, monitorados pelos tensiômetros de mercúrio instalados na profundidade efetiva do sistema radicular da cultura em estudo, a água é repostada pelo sistema de irrigação, como já descritos em itens anteriores, e a evapotranspiração da cultura esteve em torno de 7,5 a 8,0mm/dia, variando de acordo com a demanda evapotranspirativa da atmosfera.

Na Figura 27 vê-se o gráfico do mês de setembro de 1992, que são os mesmos para os meses de estudo do

experimento no tratamento irrigado (80% AD) (julho/92 a junho/93).

Figura 27 - Gráfico dos armazenamentos determinados pela Sonda de Nêutrons solo 25 na área irrigada, no mês de setembro de 1992, como exemplo de área.

3.1.4. Tratamentos e delineamentos experimental

Baseando-se nos resultados obtidos nos trabalhos experimentais de SIQUEIRA (1987) e ALVIM (1965), e por meio da curva característica de água no solo (Figuras 2 a 5 e Tabela 5), determinou-se o nível de água disponível no solo, e elegeu-se 12 plantas ao acaso, para tomada do número de frutos nos dois tratamentos estabelecidos, que foram:

- 1) Tratamento irrigado toda vez que o solo atinge 80% da água disponível.

- 2) Não irrigado (testemunha)

3.1.5. Medida da produção

PALACIOS VELEZ & MARTINEZ GARZA (1978) observaram que o rendimento de um cultivo fica na dependência de muitas variáveis, algumas variáveis são controláveis, como o preparo do solo, a fertilidade, a irrigação das culturas e outros. Há ainda algumas que são parcialmente controláveis, onde se tem umas poucas pragas e doenças; as restantes não são controláveis, como os fatores atmosféricos, outros tipos de pragas e enfermidades, alguns fatores edáficos e outros.

De qualquer maneira, o rendimento de um cultivo pode ser expresso mediante a função:

$$y = y(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n) \quad (6)$$

onde:

y - refere-se ao rendimento da cultura
(cacau = kg/ha);

x_j - a j-ésima variável que influi no rendimento.

A função em questão poderá adequar-se na análise do rendimento do cultivo, levando-se em consideração somente a umidade do solo, numa determinada etapa fisiológica:

$$y = y(x) \quad (7)$$

onde: x representa o porcentual de umidade no solo, no exato instante da irrigação.

Por outro lado, tem-se que o consumo total de água por evaporação e transpiração no cultivo é também função das mesmas variáveis, isto é:

$$ET = ET(X) \quad (8)$$

Sendo assim, tem-se que:

$$y = y(ET) \quad (9)$$

Portanto, chega-se à conclusão que se a função (6) tem um máximo, chegará a um conjunto de valores para x^* ótimo, que darão ao máximo o rendimento do cultivo y^* , e logo assim, haverá também um ET^* ótimo que obter-se-á substituindo x^* na função (8). Frisando-se que estes ótimos são valores fisiológicos e não ótimos econômicos.

3.1.6.1. Sistema utilizado de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão (com microaspersores autocompensantes), que permite a sua operação independente da topografia e do manejo da cultura de cacau, como o controle de pragas e doenças e a condução de copa através de podas. O sistema de irrigação foi dimensionado para atender-se uma área de 175 m^2 ($0,0175 \text{ ha}$), tendo-se uma vazão total de $0,7 \text{ m}^3/\text{h}$ (700 l/h).

A tubulação de distribuição e os microaspersores são de polietileno de baixa densidade.

Os microaspersores são com média de 20 l/h, com pressões na faixa de 0,15 a 0,4 MPa (1,5 a 4,0 atm), pois esses microaspersores utilizam mecanismos autocompensantes, em que mesmo variando a pressão na faixa assinalada, não altera a vazão.

3.1.6.2. Controle da irrigação

O controle de teor de água no solo foi realizado diariamente, utilizando tensiômetros, para o cálculo da lâmina de irrigação a ser usado nas regas e o cálculo do armazenamento realizado pela sonda de nêutrons. A profundidade de amostragem foi de 40 cm, onde no solo em questão - Terra Roxa Estruturada, está localizado a maior concentração de raízes do cacaueiro, pois se as mesmas dominam uma faixa de 60 cm com a profundidade efetiva do sistema radicular será 80% desse valor (40 cm), mas como está em resultados e discussão, o efeito da lâmina d'água no armazenamento do solo, e evapotranspiração da cultura, vai até 75 cm de profundidade do solo, devido as raízes dominante também do sombreamento definitivo, a *Leucaena leucocephala*, Lineu, (Leguminosae).

Para a determinação da lâmina de irrigação no tratamento irrigado (80% de disponibilidade de água no solo), foi utilizada a metodologia proposta por PALACIOS VELEZ & MARTINEZ GARZA (1978). É representado pelo conteúdo médio da lâmina d'água aproveitável na zona de exploração da raiz do cacaueiro e pode ser calculada, da maneira a seguir relacionada:

$$1 - p = \frac{\sum_{J=1}^n ArmJ}{\sum_{J=1}^n CADJ} \cdot 100 \quad (10)$$

onde tem-se:

(1-p): refere-se à quantidade relativa (%) de água disponível no solo no exato instante da irrigação até n-ésima camada de solo;

ArmJ: à armazenagem (mm) de água atual no solo na J-ésima camada, no exato instante da irrigação;

CADJ: à capacidade de água disponível (mm) do solo na J-ésima camada; e n ao

número de camadas do solo tal que:

$Ze = \sum_{J=1}^n LJ$; onde LJ refere-se à espessura
(cm) da J-ésima camada do solo
considerado

Por conseguinte, ArmJ e CADJ podem ser calculados por meio das seguintes expressões:

$$ArmJ = \frac{U_{aJ} - U_{PMPJ}}{100} \times \rho_{SJ} \times L_J \quad (11)$$

$$CAD_J = \frac{U_{CCJ} - U_{PMPJ}}{100} \times \rho_{SJ} \times L_J \quad (12)$$

onde:

U_a - refere-se à umidade do solo, a base de massa (g/100g)
no exato instante da irrigação;

U_{PMP} - à umidade do solo a base de massa (g/100 g),
correspondente ao ponto de murchamento permanente;

U_{CC} - à umidade do solo, a base de massa (g/100 g),
correspondente à capacidade de campo;

ρ_{SJ} - à densidade do solo (g/cm³); e

L_J - à profundidade efetiva (cm) do sistema radicular de
interesse para o cálculo da lâmina.

A lâmina de irrigação (L_i , mm) a ser aplicada no tratamento irrigado é calculado segundo a expressão:

$$L_i = \frac{p(CAD)}{100} \quad (13)$$

3.1.6.3. Característica hidráulica

Foi utilizado metodologia proposto por BOTREL (1984) e NOGUEIRA (1989). O microaspersor é comercializado com uma haste de 48 cm que o sustenta a 40 cm acima do solo, sendo conectado a linha lateral vinda do tubo de múltiplas saídas por auxílio de um tubo flexível de 45 cm de comprimento por 4 mm de diâmetro com a conexão feita por meio de encaixe de pressão (Figura 28).

Apresenta uma vazão nominal de 20 litros por hora, na faixa de pressão entre 1,5 a 4,0 atm (0,15 a 0,4 MPa).

Realizou-se dois tipos de testes no Laboratório de Hidráulica, do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". com o

microaspersor:

1. para determinação da curva característica de vazão-pressão;
2. para obtenção do perfil de distribuição de precipitação.

Figura 28. Bancada de teste dos microaspersores

3.1.6.3.1. Teste para obtenção da curva característica de vazão-pressão e da uniformidade da vazão.

Foram testadas 20 unidades do modelo usado no experimento selecionados aleatoriamente na linha de fabricação, onde foram tomados 5 grupos de 4 microaspersores.

O objetivo do ensaio foi obter uma equação empírica que relaciona vazão com a pressão de serviço do microaspersor, procurando avaliar as diferenças que poderão ocorrer na vazão entre os microaspersores em virtude das diferenças decorrentes do processo de fabricação.

O suprimento de água foi feito através de dois reservatórios existentes no laboratório em questão, um superior, conectado a um conjunto moto-bomba de potência menor e outro inferior conectado a um conjunto moto-bomba de potência superior ou a ambos, dependendo da pressão requerida (no segundo caso, quando maior do que 30 m.c.a., ou 0,3 MPa). A pressão foi lida através de um manômetro do tipo BOURDON, previamente calibrado.

Fêz-se o controle de pressão através de uma válvula reguladora de pressão manual, situada entre uma câmara estabilizadora de fluxo e um manômetro.

Na determinação das vazões, 4 microaspersores por vez foram conectados à linha de alimentação e colocados abaixo das tampas de acrílico que interceptavam os jatos de água dos microaspersores, sendo assim captados em coletores com capacidade máxima de 1,2214 litros ($1,2214 \times 10^{-3} \text{ m}^3$), onde, de acordo com a pressão de água no sistema foram de 1 a 5 minutos de exposição dos coletores, e após pesados à escala de gramas, medindo a temperatura d'água e convertidos em cm^3 conforme Figura 28. Nessa coleta de água os microaspersores permaneceram ligados, deixando-se os coletores embaixo das cubas interceptoras, ao mesmo tempo que era acionado o cronômetro.

A curva característica de vazão-pressão foram obtidas através da análise de regressão a partir dos dados coletados nos ensaios, onde os valores de vazão é a média das unidades dos microaspersores ensaiados.

A desuniformidade de vazões, que representam o coeficiente de variação das vazões, foram as médias dos coeficientes de variação apresentados a cada pressão ensaiada de 0,15 a 0,4 MPa (1,5 a 4 atm) para os microaspersores autocompensantes de vazão de 20 l/h ($0,02 \text{ m}^3/\text{h}$).

3.1.6.3.2. Teste para determinação do perfil de distribuição da água dos microaspersores do experimento (DAN 2001)

Os testes foram executados no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural, na ausência de vento.

O objetivo foi a determinação do perfil de distribuição de água do microaspersor em estudo, quando submetido a pressão na faixa de serviço determinado pelo mecanismo autocompensante (1,5 a 4,0 atm ou 0,15 a 0,4 MPa).

O perfil de distribuição foi obtido com o auxílio de coletores dispostos ortogonalmente entre si no círculo de reticulado de 50 cm de abrangência de água, com os coletores espaçados equidistantes entre si a cada 50 cm, entre eixos, com o microaspersor em raio de alcance de até 2,75 metros.

Como coletores utilizou-se recipientes cilíndricos metálicos de 12 cm de altura, e 10,21 cm de diâmetro (volume de 1,22 litros).

Dos volumes de água contidos nos coletores, utilizou-se proveta, com capacidade de 100 ml, graduada a cada 0,25 ml.

Os microaspersores foram ensaiados 28 cm acima da

superfície dos coletores, alturas estas que correspondem à altura das hastes que se fazem acompanhar nos microaspersores, objeto do estudo do experimento.

O suprimento de água foi adquirido através de um conjunto moto-bomba elétrico com a pressão de 20 mca (0,20 MPa) na faixa do dispositivo auto compensante de vazão posto por regulador de pressão manual (Figura 28).

A leitura de pressão de água no sistema de saída da bomba foi realizada em um manômetro do tipo BOURDON, com capacidade de leitura de até 40 mca (Figura 9).

O controle de pressão foi realizado através de uma válvula reguladora de pressão manual.

Foi feito também um acompanhamento da temperatura da água no reservatório para que a mesma não ultrapasse $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Todos os dados utilizou-se em teste, 3 repetições de 2 horas de aplicação da precipitação nos coletores, foi utilizado um software de microcomputador que apresenta o perfil de distribuição para analisar o efeito da distribuição de água.

Figura 29. Conjunto motobomba de acionamento elétrico utilizado nos testes de vazão-pressão e distribuição do perfil de água efetuado pelos microaspersores.

3.1.6.5. Equação característica e coeficiente de variação de vazão do microaspersor

Na Tabela 7 encontram-se os valores médios de vazão obtidos a cada pressão testada, e os respectivos coeficientes de variação de vazão a cada pressão variando de 15 a 40 mca, intervalo este que atua o dispositivo autocompensante de vazão, tornando-a quase constante (20 l/h). Mesmo com as condições de teste sendo iguais, vê-se nesta tabela as variações do CV% e da vazão que são causados (apesar do aperfeiçoamento cada vez maior) ao processo de fabricação. E com base na classificação da ABNT, o microaspersor é bom.

Com estes dados, através da análise de regressão, foi encontrado e ajustado na forma potencial a equação característica para o microaspersor, conseguindo-se a seguinte equação e coeficiente de determinação:

$$q = 19,28712 \cdot H^{0,039516}$$

$$r^2 = 0,127234$$

Com base na revisão de literatura, a equação característica do microaspersor deve ser uma equação de potência na forma $q = KH^x$, mas o teste "t" não foi significativo, indicando que "r" aproxima-se de "0", quer

dizer não há relação entre a pressão e vazão, pois a vazão na faixa de pressão de 15 a 40 mca pouco varia devido o citado dispositivo autocompensante do microaspersor (vazão média em torno de 20 l/h de acordo com o fabricante).

Mas o melhor coeficiente de determinação obtido na regressão foi a da equação polinomial cúbica, com teste "t" dessa regressão altamente significativa assim, temos a seguinte equação:

$$q = 39,25063 - 1,943936 H + 6,505568 \times 10^{-2} H^2 - 6,631005 \times 10^{-4} H^3$$

3.1.6.6. Perfil de distribuição da água

BRUWER et alii (1979), BOTREL (1984), PAES (1985) e NOGUEIRA (1989) têm observado diferenças no perfil de distribuição de água, que são atribuídos a processos de fabricação ou diferenças de inclinação do jato contra a superfície do ensaio.

A Tabela 8 apresenta os valores de precipitação extraídos em função da distância, sendo que esses valores são a média aritmética de duas determinações.

A Figura 30 representa graficamente em 3 dimensões os

perfis de distribuição da água obtidos. Verifica-se que no microaspersor com difusor e dispositivo autocompensante de pressão vazão, uma precipitação decrescente a partir do microaspersor, com evidência a uma concentração de 25 a 125 cm, e raio de alcance de 275 cm, onde decresce rapidamente.

Figura 30 - Gráfico em três dimensões do perfil de distribuição de água do microaspersor em estudo.

Tabela 7. Vazão média para o microaspersor com dispositivo autocompensante, utilizado no experimento, com diferentes pressões e os respectivos coeficientes de variação de vazão.

Pressão mca	Vazão l/h	CV%
15	22,69	2,69
20	22,45	8,14
25	21,87	3,83
30	22,62	3,10
35	22,89	4,08
40	23,24	4,78

CV% médio = 4,44

Tabela 8. Valores da precipitação (mm/h) extraídos em função da distância, a pressão de serviço (20 mca), para o microaspersor com dispositivo autocompensante utilizado no experimento com irrigação complementar em cacau.

Distância (cm)	Precipitação mm/h
25	3,15
75	1,56
125	1,40
175	1,13
225	0,89
275	0,02
Média	1,36

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da produção de frutos de cacau (*Theobroma cacao*, Lineu), com referencia a rendimentos em comparação ao tratamento irrigado com a testemunha (não irrigado).

Nos cultivos de cacau, como em todas as culturas de ciclo permanente, em que haverá interação nas diferentes etapas fenológicas (como vegetação, floração e frutificação), é complexo entender-se à interpretação dos rendimentos dos frutos, quanto ao efeito do déficit hídrico (SIQUEIRA et alii, 1987; BEGG & TURNER, 1976; DENMED & SHAW, 1970). Há pesquisadores, entre eles ALVIM (1965), que analisam a hipótese que a frutificação do cacaueiro é resultante, entre outros fatores, de uma boa distribuição de precipitações pluviométricas durante os sete meses que antecedem a colheita.

Com essa hipótese coletou-se os dados do experimento

com seis meses após a irrigação complementar. Foi realizado isto, a fim de evitar-se que os primeiros frutos pudessem ser de um regime de água anterior às regas no tratamento irrigado (total de produção de frutos nos dois tratamentos com 12 plantas selecionadas ao acaso no período em estudo (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Valores de produções de frutos em unidades no tratamento irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.

Tratamento Irrigado (80% AD)

Número das Plantas Seleccionadas	Producao de frutos (unidades)
Planta nº 01	31
Planta nº 02	33
Planta nº 03	40
Planta nº 04	28
Planta nº 05	35
Planta nº 06	26
Planta nº 07	29
Planta nº 08	34
Planta nº 08	36
Planta nº 10	21
Planta nº 11	22
Planta nº 12	30
Total	365
Média	30,42
Desvio Padrão	5,41
CV (%)	17,8

Tabela 10. Valores de produções de frutos em unidades no tratamento não irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.

Tratamento nao Irrigado (testemunha)

Numero das Plantas Seleccionadas	Producao de frutos (unidades)
Planta nº 01	19
Planta nº 02	18
Planta nº 03	22
Planta nº 04	16
Planta nº 05	21
Planta nº 06	15
Planta nº 07	17
Planta nº 08	20
Planta nº 08	22
Planta nº 10	12
Planta nº 11	14
Planta nº 12	17
Total	213
Média	17,75
Desvio Padrão	3,06
CV (%)	17,2

4.1.1. Curva padrão de produção de frutos de cacau durante o ano (período de julho de 1992 a junho de 1993).

Como nas condições edafo-ecoclimáticas da região de Piracicaba-SP, os frutos de cacau são colhidos durante todo o ano (Tabelas 11 e 12), há a importância para determinação da colheita durante o ano com o fim de determinar-se os meses de concentração da safra, dando possibilidade de melhorar a aplicação das necessidades de recursos financeiros, humanos, instalações e outros, para ganho de tempo, qualidade do produto, e uma boa comercialização das amêndoas fermentadas e secas de cacau.

Tabela 11. Distribuição da produção de frutos de cacau em percentagens mensais, nos tratamentos; sem irrigação (testemunha), e irrigado (80% AD), no período de julho de 1992 a junho de 1993.

Tratamento não irrigado (testemunha)		Tratamento irrigado (80% AD)	
mês	%	mês	%
Julho	12,7	Julho	12,9
Agosto	7,5	Agosto	6,8
Setembro	6,6	Setembro	4,4
Outubro	4,7	Outubro	6,0
Novembro	11,7	Novembro	14,8
Dezembro	5,6	Dezembro	4,9
Janeiro	6,1	Janeiro	4,4
Fevereiro	6,1	Fevereiro	4,7
Março	5,2	Março	6,3
Abril	7,0	Abril	7,1
Maio	11,3	Maio	12,6
Junho	13,6	Junho	15,1
Total	100,0	Total	100,0

Procurou-se determinar se o emprego da irrigação complementar modificaria a sazonalidade da produção. Na análise da Tabela 11 e Figura 31, observa-se o comportamento da produção do tratamento irrigado (80% AD), em relação a testemunha, e chega-se a conclusão que os padrões das curvas desses tratamentos são muito parecidos. Mas tem-se observado também, que a diferença entre os dois tratamentos foi bastante expressiva nas diferenças de produção.

Tabela 12. Produção mensal de frutos de cacau no tratamento sem irrigação (testemunha), e irrigado (80% AD), do experimento em estudo.

Tratamento não irrigado (testemunha)			Tratamento irrigado (80% AD)
mês	nº de frutos	mês	nº de frutos
Julho	27	Julho	47
Agosto	16	Agosto	25
Setembro	14	Setembro	16
Outubro	10	Outubro	22
Novembro	25	Novembro	54
Dezembro	12	Dezembro	18
Janeiro	11	Janeiro	16
Fevereiro	17	Fevereiro	17
Março	19	Março	23
Abril	15	Abril	26
Maio	24	Maio	46
Junho	29	Junho	55
Total	213	Total	365

Todavia, tentando-se a melhor explicação da curva de produção, o número de frutos colhidos mensalmente foram transformados em percentagem de produção (Tabela 12 e Figura 32). Com isto acontece a eliminação do efeito irrigação e as curvas se aproximam umas das outras, demonstrando que a irrigação complementar não é responsável pela sazonalidade da produção de cacau na região de Piracicaba-SP. Supoem-se que há fatores como radiação solar, temperatura do ar, insetos polinizadores, e outros, vem a ser co-responsabilizados pelo padrão da curva de produção.

Figura 31. Produção de frutos nos tratamentos sem irrigação (testemunha), e irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.

Figura 32. Produção relativa de frutos de cacau nos tratamentos sem irrigação (testemunha), e irrigado no período de julho de 1992 a junho de 1993.

4.1.2. Resultado das análises estatísticas aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade nas diferenças entre os tratamentos irrigado (80% AD), e testemunha (sem irrigação).

Os valores médios da produção de frutos de cacau colhidos no período de 12 meses (julho de 1992 a junho de 1993), nas doze plantas escolhidas ao acaso em cada um dos tratamentos do experimento do estudo em questão, mostraram um acréscimo de 71,4% no tratamento irrigado (80% AD), em relação ao tratamento não irrigado (testemunha), sendo que como verifica-se na Tabela 13, esta diferença é altamente significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 13. Rendimento de produção de frutos (unidades/tratamento) no campo experimental do Departamento de Agricultura da ESALQ/USP, no período de julho de 1992 a junho de 1993.

(1)	Repetições (Planta n°)												Tratamento	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Média	
1	19	18	22	16	21	15	17	20	22	12	14	17	17,8	a
2	31	33	40	28	35	26	29	34	36	21	22	30	30,4	b

Teste de Tukey a 1% de probabilidade (5,33).

Médias com letras diferentes apresentam diferenças altamente significativas.

(1) Tratamento:

1 = Testemunha (sem irrigação)

2 = $\pm$ 80% de água disponível no solo irrigado

5. CONCLUSÕES

Utilizando-se como instrumentos no controle da irrigação, tensiômetros, e no armazenamento de água no solo sonda de nêutrons, chegou-se à conclusão que na análise de produção de frutos com relação a rendimentos, nas condições em que foi executado o experimento, são:

- a) O tratamento irrigado (80% AD) apresenta rendimento de frutos 71,4% superiores a testemunha não irrigado.
- b) A curva de produção de frutos durante o ano não se altera em função do tratamento irrigado com o tratamento não irrigado, indicando que os fatores que influenciam a sazonalidade dos frutos em Piracicaba-SP são outros como polinização, fatores fisiológicos e não a irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, P.T. Stomatal opening as a practical indicator of moisture deficiency in cacao. In: INTERNATIONAL AMERICAN CACAO CONFERENCE, 7., Bogotá, 1958. **Proceedings.** Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1959. p.283-9

ALVIM, P.T. Eco-physiology of the cacao tree. In: INTERNATIONAL COCOA CONFERENCE, 1., Abdjan, 1965. **Proceedings.** Lagos, Cocoa Producers Alliance, 1966. p.23-35.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos mínimos para elaboração de projetos de sistema de irrigação localizada;** PNBR 12:02.08-22, São Paulo, 1986, 8p.

BEGG, J.E. & TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advance Agronomy**, Madison, (52): 161-217, 1976.

BOTREL, T.A. Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada. Piracicaba, 1984. 83p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

BRALT, V.F. & KESNES, C.D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, 26(5): 1369-74, 1983.

BRIDGLAND, L.A. Study of the relationship between cacao yield and rainfall. **Agricultural Gazette**, Sidney, 64(8): 7-12, 1953.

CAMARGO, A.P. de; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.F. Clima do Estado de São Paulo. In: São Paulo, Secretaria da Agricultura. **Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1974. v.1, cap.2, p.51-87.

CARNAHAN, B.; LUTHER, H.A.; WILLES, J.O. **Applied numerical methods**. New York, John Willey, 1969. 604p.

CARNEIRO, C. & DE JONG, E. In situ determination of the slope of the calibration curve of a neutron probe using a

volumetric technique. **Soil Science**, Baltimore, 139(3): 250-4, 1985

CERVELINI, A.; SALATI, E.; BARROS FERRAZ, E.S.; VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K.; DEDICO, A.; OMETO, J.C.; PEDRO Jr.M.J. Análise dos dados meteorológicos de Piracicaba. **Boletim Científico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP**, Piracicaba, (36): 1-26, 1973.

CHAWLA, A.S. & TRIPATHI, S.K. Neutron moisture probe calibration for crop water management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEASUREMENT OF SOIL AND PLANT WATER STATUS, Logan, 1987. **Proceedings**. Logan, Utah State University, 1987. p.29-35.

CISSE, L. & VACHAUD, G. Effet d'un amendement organique sur l'infiltration, les coefficients de transferts hydriques, et l'évaporation d'un sol sableux dégradé du Nord-Sénégal. **Hydrologie Continental**, Paris, 2(1): 15-28, 1987.

CISSE, L. & VACHAUD, G. Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord-Sénégal, influence bilans de consommation, production et développement racinaire. **Agronomie**, Paris, 8(4): 315-26, 1988.

COSTA, A.C.S. & FARIA, R.T. Calibração de duas sondas de nêutrons em condições de campo e laboratório para tres latossolos do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(2): 216- 24, 1989.

COUCHAT, P. Determination of calibration curve for the neutron moisture meter by chemical soil analysis. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY. *Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies*. Istambul, 1967. p.67-82 (Proceedings, Rome, FAO/IAEA, 1968).

COUCHAT, P. Les applications de la méthode neutronique dans la recherche agronomique. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY. *Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies*. Viena, 1983. p.509-31, (IAEA Sm-267/42).

DENMED, O.T. & SHAW, R.H. The effect of soil stress of different stages on growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal*, (52): 272-4, 1970.

DIAS, A.C.C.P. & SANTOS, M.M. Viabilidade da irrigação complementar no cultivo do cacaueiro na região de Santa Inês- MA. In: Comissão Executiva do Plano da Lavoura

Cacaueira/ Superintendência da Amazônia Oriental /Informe de Pesquisa. **Relatório anual 1991-92.** Belém, 1992. p.72-7.

DOURADO Neto, D.; LIER, Q.J.V.; BOTREL, T.A.; LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de **GENUCHTEN.** Engenharia Rural, Piracicaba, 1(2): 92-101, 1990.

ESTADOS UNIDOS. Departament of Agriculture. Soil Conservation Service. **Trickle irrigation.** Washington, 1983. cap. 7, 129p. (National Engeneering Handbook. Irrigation, sect.15).

FEGHALI, J. **Mecânica dos Fluidos.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1974. (2) 635p.

FISHER, J. The Citrus Industry. **Irrigation**, Pampa, 58(9): 30-42, 1977.

FOUCHÉ, P.S.; BESTER, D.H.; VELDMAN, G.H. A comparison of different methods to increase productivity of navel trees. **The Citrus and Subtropical Fruit Journal**, Johanesburg, (542): 4-6, 1979.

FURUTA, T.; BRANDSON, R.; JONES, W.C.; STROHMAN, R.; MOCK, T.; FAMADAN, I. Irrigation for container growing. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. **Proceedings**. Riverside, 1974. p.155-58.

GARCIA, J. & MONTOYA, J.M. Relationships between the magnitude of water excesses and the production of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Turrialba, Costa Rica. **Agronomia Tropical**, Maracay, 23(1): 57-62, 1973.

GARDNER, W.R. Water Content: an overview. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEASUREMENT OF SOIL AND PLANT WATER STATUS, Logan, 1987. **Proceedings**. Logan, Utah State University, 1987. p.7-9.

GREACEN, E.L. Soil water assessment by the neutron method. Adelaide, CSIRO Division of Soils, 1981. 104p.

GREMINGER, P.J.; SUD, Y.K.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of field-measured, soil-water characteristics. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 49: 1075-82, 1985.

HAVERKAMP, R.; VAUCLIN, M.; VACHAUD, G. Error analysis in estimating soil water content from neutron probe

measurements. **Soil Science**, Baltimore, 137(2): 78-90, 1984.

HEWLETT, J.D.; DOUGLAS, J.E. CLUTTER, J.L. Instrumental and soil moisture variance using the neutron scattering method. **Soil Science**, Baltimore, 97: 19-24, Jan/June 1964.

HOLMES, J.W. Influence of bulk density of soil on the neutron meter calibration. **Soil Science**, Baltimore, 102(6): 355-360, 1966.

HOLMES, J.W. & JENQUINSON, A.F. Technique for using the neutron moisture meter. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, 3: 199-201, 1959.

HUTCHEON, W.V. & SMITH, R.W. Effect of irrigation on the yield and physiological behavior of mature amelonado cocoa in Ghana. **Tropical Agricultural**, Saint Augustine, 50: 261-6, 1973.

JADIN, P. & CHAUCHARD A. Alimentation hydrique des jeunes cacaoyers. Influence de l'irrigation. **Café Cacao Thé**, Paris, 20(3): 173-200, 1976.

JADIN, P. & PAULIN, D. Etude des facteurs de production liés à la biologie florale influencés par la fertilization minérale et (ou) l'irrigation sur cacaoyers adultes. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 10., Santo Domingo, 1987. **Proceedings**. Lagos, Cocoa Producers Alliance, 1988. p.253-8.

KACHANOSKI, R.G. & JONG, E. Scale dependence and temporal persistence of spatial patterns of soil water storage. **Water Resources Research**, Baltimore, 24(1): 85-91, 1988.

KELLER, J. & BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York, An AVI Book, Published by Van Nostrand Reinhold, 1990. 653p.

KELLER, J. & KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KHAN, M.N. PATTERSON, G.R.; MATLICK, B. K. Effect of supplemental water supplied through drip irrigation on cocoa yield at Hummingbird, Hershey, Ltda., Belize, C.A. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 10., Santo Domingo, 1987. **Proceedings**. Lagos, Cocoa Producers Alliance, 1988. p.185-91.

- LAL, R. The effect of soil texture and density on the neutron probe calibration for tropical soils. **Soil Science**, Baltimore. 177: 183-90, 1974.
- LEE, G.R. Irrigated upper Amazon cacao in the Lower Shire Valley of Malawi in NPK Factorial Trial. **Tropical Agricultural**, Trinidad 52: 65-9, 1975.
- LEMEE, G. Influence of water content and shade on water economy and photosynthesis of the cocoa tree. **L'Agronomie Tropical**, Paris, 10: 592-6, 1955.
- MCHEHENRY, J.R. & GILL, A.C. The influence of bulk density, slow neutron absorber and time on the calibration of neutron soil physics and irrigation studies. In: SYMPOSIUM OF THE ISOTOPES AND RADIATION TECHNIQUES IN SOIL PHYSICS AND IRRIGATION STUDIES, 1., Istambul, 1967. **Proceedings**. Rome, FAO/IAEA, 1967. p.83-97.
- MOUTONNET, P.; PLUYETTE, E.; EL MOURABIT, N. COUCHAT, P. Measuring the spatial variability of soil hydraulic conductivity using an automatic neutron moisture gauge. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 52: 1521-6, 1988.

NAKAYAMA, F.S. & BUCKS, D.A. **Trickle Irrigation for Crop Production**. Phoenix, Elsevier, 1986. 383p.

NOGUEIRA, A.N. Características hidráulicas e de distribuição da água por microaspersores. Piracicaba, 1989. 71p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ORCHARD, J.E. Effect of the dry season on the water status of T. Cacao in Ecuador. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 9., Lomé, 1984. **Proceedings**. Lagos, Cocoa Producers Alliance, 1985. p.103-6.

ORCHARD, J.E. & SALTOS R.M. The growth and water status of cacao during its first year of establishment under different methods of soil water management. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 10., Santo Domingo, 1987. **Proceedings**. Lagos, Cocoa Producers Alliance, 1988. p.193-8.

PAES, L.A.D. Características Hidráulicas dos microaspersores DANTAS MA- 120 e IRTEC e das Linhas Laterais em Sistemas de Irrigação por Microaspersão. Viçosa, 1985. 85p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa/UFV)

PALACIOS VELEZ, E. & MARTINEZ GARZA, A. *Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo; un enfoque metodológico de investigación.* Chapingo, Colegio de Postgraduados, 1978. 149p.

PEREIRA, A.R. Balanço Hídrico de um solo Podzolizado de Lins e Marília cultivado com cafeeiros. *Bragantia*, Campinas, 45(2): 239-47, 1986.

PUEYA, L.A.N. & FORCADA, J.M.G. Irrigação por Microaspersão em Bananeiras. *ITEM*, Brasília, (11): 30-4, 1982.

REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-água-planta-atmosfera.* Campinas, Fundação Cargill, 1985. 485p.

REICHARDT, K.; GROHMANN, F.; LIBARDI, P.L.; QUEIROZ, S.V. *Spatial variability of physical properties of a tropical soil, II. Soil water retention curves and hydraulic conductivity.* Piracicaba, CENA, 1976. 24p.

SALE, P.J.M. Growth and flowering of cacao under controlled atmospheric humidities. *Journal of Horticultural Science*, Ashford 8(3): 119-23, 1970.

SCHUDEL, P. The accuracy of measurements of soil- water content made with a neutron moisture meter calibrated gravimetrically in the field. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 62(4): 355-61, 1983.

SINCLAIR, D.F. & WILLIAMS, J. Components of variance involved in estimating soil water content and water content charge using a neutron moisture meter. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, 17: 237-47, 1979.

SIQUEIRA P. R. ; MÜLLER ; PINHO A. F. S. Efeito da irrigação na produtividade do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16., Jundiaí, 1987. *Anais*. Jundiaí, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1987. p. 116-27.

SNOECK, J. Relationships between the monthly crops from cocoa trees and the climatic factors in Ivory Coast. *Café Cacao Thé*, Paris, 23(4): 277-83, 1979.

SOLOMON, K. & KELLER, J. Trickle irrigation uniformity and efficiency. *Journal of the Irrigation uniformity and efficiency*, ASCE, 115(3): 293-306, 1978.

TURATTI, A.L. ; VILLAGRA, M. M.; PONCE, J. E.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Variabilidade espacial do solo e sua implicação na calibração de sondas de neutrons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14(3): 216-24, 1990.

Van GENUCHTEN, M. T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, 44: 892-98, 1980.

VAUCHAUD, G.; PASSERAT S. A.; BALABANIS, P.; VAUCLIN, M. Temporal stability of spatial measured soil water probability density functions. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, (49): 822-7. 1985.

VERMEIREN, I. & JOBLING, G.A. **Localized Irrigation**. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1980. 203p.

VILLA NOVA, N. A. **Dados meteorológicos do município de Piracicaba**, Piracicaba, ESALQ/USP Depto. de Física e Meteorologia, 1989. 22p.

APÊNDICE

Apêndice 1. Dados Climáticos de Setembro de 1992.

DIA set	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPORACAO mm
1	161,00	0,30	1,20	94,00	8,10	6,90	23,70	16,00	19,85	1,50
2	51,00	0,00	1,00	98,00	2,70	3,20	20,60	15,00	17,80	0,08
3	224,00	2,60	0,00	82,00	5,40	7,00	24,80	15,00	19,90	2,56
4	260,00	3,00	2,50	82,00	5,90	7,00	27,00	15,60	21,30	2,94
5	104,00	0,00	1,60	95,00	7,60	5,90	20,60	14,60	17,60	1,04
6	84,00	0,00	2,20	96,00	9,70	12,30	18,80	14,60	16,70	0,16
7	332,00	2,40	0,00	79,00	11,70	16,10	22,20	12,60	17,40	4,56
8	444,00	9,80	0,00	67,00	8,90	14,30	25,60	10,40	18,00	5,80
9	491,00	9,00	0,00	65,00	10,20	19,00	25,60	11,80	18,70	7,22
10	482,00	9,40	0,00	63,00	10,60	14,20	27,60	11,90	19,75	6,77
11	72,00	0,00	4,80	87,00	4,70	8,60	18,80	13,30	16,05	0,14
12	56,00	0,00	5,20	99,00	3,60	7,10	16,80	13,40	15,10	0,08
13	423,00	8,40	0,00	75,00	5,80	7,30	27,20	15,60	21,40	4,76
14	189,00	0,90	15,30	79,00	4,50	5,80	25,80	13,30	19,55	1,55
15	47,00	0,00	25,60	97,00	6,10	6,20	18,20	15,70	16,95	
16	189,00	1,50	0,00	87,00	4,60	4,00	25,00	14,80	19,90	2,26
17	324,00	4,20	9,60	87,00	11,00	8,20	27,90	13,00	20,45	4,20
18	269,00	2,90	0,00	86,00	13,00	9,60	26,70	15,40	21,05	3,36
19	366,00	5,00	0,00	79,00	8,50	7,60	27,80	14,40	21,10	5,04
20	446,00	9,50	0,00	77,00	9,70	8,70	29,80	11,30	20,55	5,62
21	473,00	10,30	0,00	69,00	6,00	10,70	31,00	13,00	22,00	6,02
22	459,00	9,50	0,00	65,00	6,40	8,20	31,00	14,70	22,85	6,23
23	471,00	9,10	0,00	61,00	4,80	6,60	31,90	14,80	23,35	5,91
24	330,00	5,50	3,50	69,00	12,00	13,40	30,20	18,00	24,10	6,94
25	87,00	0,60	14,80	95,00	14,50	8,50	24,60	20,60	22,60	1,88
26	216,00	0,50	0,00	82,00	8,80	16,20	21,10	15,20	18,15	3,78
27	104,00	0,10	0,20	92,00	4,70	5,90	20,00	14,60	17,30	0,52
28	399,00	5,90	0,00	79,00	7,50	9,50	25,90	11,50	18,70	4,78
29	519,00	9,60	0,00	71,00	8,30	8,80	28,20	10,10	19,15	5,97
30	414,00	7,90	0,00	73,00	6,60	7,70	28,90	10,50	19,70	4,49
Média	282,87	4,26	2,92	81,00	7,73	9,15	25,11	14,02	19,57	3,66
Total	8486,00	127,90	87,50	2430,00	231,90	274,50	753,30	420,70	587,00	106,16

Dias de chuva: 13

Apêndice 2. Dados Climáticos de Outubro de 1992.

DIA out	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	383,00	5,00	8,10	74,00	9,00	8,90	30,90	14,20	22,55	4,28
2	236,00	1,50	45,40	92,00	8,90	7,90	26,30	15,60	20,95	5,61
3	353,00	4,80	0,00	82,00	5,10	8,20	27,40	15,80	21,60	4,17
4	474,00	9,30	0,00	69,00	9,00	15,40	27,20	15,00	21,10	7,66
5	351,00	5,50	0,00	75,00	4,20	4,30	28,80	12,80	20,80	3,45
6	414,00	8,60	0,70	69,00	12,60	10,30	30,60	14,70	22,65	6,42
7	180,00	0,10	5,40	86,00	9,10	13,60	23,50	16,20	19,85	3,35
8	113,00	0,20	12,30	93,00	6,90	11,50	21,20	13,90	17,55	1,76
9	324,00	5,00	0,00	78,00	8,90	16,30	24,40	13,40	18,90	4,86
10	540,00	10,70	0,00	73,00	8,20	8,80	28,00	12,20	20,10	6,22
11	431,00	7,40	5,30	76,00	11,10	8,80	30,00	11,80	20,90	5,74
12	201,00	1,50	21,40	93,00	11,60	6,50	25,70	16,80	21,25	5,64
13	356,00	5,80	0,00	77,00	9,10	8,60	29,40	16,80	23,10	5,40
14	462,00	9,60	0,00	71,00	7,30	6,90	31,30	14,30	22,80	4,32
15	410,00	8,30	0,00	72,00	5,30	10,00	32,00	15,80	23,90	5,47
16	348,00	5,40	9,30	79,00	15,80	11,40	31,50	18,00	24,75	4,96
17	269,00	2,10	0,00	83,00	4,90	6,90	26,60	17,40	22,00	3,12
18	326,00	2,90	0,00	82,00	6,20	8,70	28,80	17,50	23,15	4,30
19	374,00	8,70	0,00	76,00	6,40	9,00	30,60	17,70	24,15	5,55
20	498,00	9,10	0,00	68,00	7,60	9,20	31,70	16,00	23,85	6,71
21	362,00	5,10	0,00	76,00	7,80	14,30	26,30	18,80	22,55	6,62
22	594,00	11,30	0,00	69,00	5,60	9,40	28,40	12,10	20,25	6,92
23	567,00	11,10	0,00	72,00	6,10	8,50	30,00	9,40	19,70	6,20
24	519,00	10,40	0,00	67,00	7,70	7,10	33,20	13,60	23,40	6,84
25	476,00	9,50	0,00	66,00	6,10	8,20	32,40	14,00	23,20	6,67
26	435,00	8,20	4,90	71,00	15,80	8,80	32,30	16,70	24,50	6,04
27	321,00	6,60	43,20	87,00	12,00	10,10	30,70	19,60	25,15	
28	345,00	5,70	70,30	87,00	15,90	12,20	30,50	19,00	24,75	
29	326,00	4,60	15,80	85,00	9,50	10,80	29,80	17,80	23,80	3,83
30	278,00	2,50	0,00	84,00	6,80	9,10	28,10	17,00	22,55	3,95
31	407,00	7,60	0,00	80,00	11,70	12,80	28,40	16,50	22,45	6,23
Média	376,55	6,26	7,81	77,81	8,78	9,76	28,90	15,50	22,20	5,25
Total	11673,00	194,10	242,10	2412,00	272,20	302,50	896,00	480,40	688,20	152,29

Dias de chuva: 12

Apêndice 3. Dados Climáticos de Novembro de 1992.

DIA nov	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	401,00	6,00	0,30	84,00	5,50	6,60	30,40	15,80	23,10	3,92
2	465,00	8,00	0,00	79,00	4,50	6,40	31,60	18,00	24,80	6,19
3	474,00	9,60	74,40	80,00	9,50	10,50	32,10	19,20	25,65	
4	300,00	2,90	4,20	82,00	9,40	15,30	25,60	17,40	21,50	4,32
5	242,00	0,20	0,00	76,00	9,50	20,50	21,80	16,60	19,20	3,31
6	218,00	0,00	0,90	88,00	10,20	14,80	29,60	12,80	21,20	2,48
7	363,00	2,80	0,00	82,00	5,00	6,50	26,40	13,20	19,80	3,74
8	404,00	7,40	7,40	83,00	18,20	5,90	29,40	14,60	22,00	5,80
9	294,00	2,80	0,20	83,00	17,80	6,90	26,90	15,20	21,05	3,48
10	422,00	7,80	0,00	73,00	2,30	4,70	29,90	16,20	23,05	4,90
11	527,00	9,50	0,00	67,00	5,40	6,10	32,40	16,20	24,30	7,08
12	441,00	7,70	12,20	73,00	10,40	6,30	33,00	17,70	25,35	7,50
13	503,00	9,70	0,00	69,00	5,10	7,80	32,50	18,80	25,65	7,16
14	525,00	11,20	0,00	68,00	8,80	8,50	33,70	17,60	25,65	8,48
15	509,00	9,10	0,00	74,00	5,70	5,50	33,80	16,60	25,20	6,16
16	360,00	6,10	12,70	86,00	10,10	8,40	33,00	19,00	26,00	5,54
17	276,00	3,10	0,00	86,00	6,90	8,30	28,20	17,20	22,70	3,82
18	522,00	9,30	0,00	75,00	8,20	9,80	28,50	16,60	22,55	6,80
19	582,00	11,10	0,00	66,00	5,20	6,50	31,20	14,00	22,60	6,60
20	512,00	10,20	0,00	62,00	8,70	8,70	32,50	16,00	24,25	7,40
21	557,00	10,90	0,50	65,00	5,30	9,80	33,30	16,20	24,75	7,48
22	312,00	2,70	3,50	90,00	7,30	7,00	29,20	18,90	24,05	3,74
23	266,00	0,90	2,60	85,00	7,80	12,60	27,00	19,10	23,05	4,55
24	525,00	10,30	87,80	82,00	10,40	10,40	31,60	15,90	23,75	
25	176,00	0,00	17,10	92,00	3,10	5,80	24,40	18,00	21,20	0,85
26	168,00	0,00	2,50	88,00	8,80	14,20	23,60	17,50	20,55	2,30
27	338,00	0,90	0,00	75,00	12,40	21,70	24,80	16,40	20,60	5,62
28	440,00	6,00	0,00	72,00	9,50	14,30	28,00	15,10	21,55	6,84
29	528,00	10,60	0,00	70,00	9,80	9,70	29,70	15,70	22,70	6,72
30	552,00	8,60	6,00	71,00	6,30	9,90	30,20	15,80	23,00	6,04
Média	406,73	6,18	7,74	77,53	8,24	9,65	29,48	16,58	23,03	5,32
Total	12202,00	185,40	232,30	2326,00	247,10	289,40	884,30	497,30	690,80	148,82

Dias de chuva: 15

Apêndice 4. Dados Climáticos de Dezembro de 1992.

DIA dez	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPITACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO- RACAO mm
1	126,00	0,10	32,40	97,00	7,20	9,50	22,00	18,50	20,25	3,52
2	326,00	5,40	0,00	82,00	7,80	9,10	28,00	17,40	22,70	4,22
3	494,00	9,70	0,00	73,00	5,30	7,60	29,60	14,40	22,00	6,08
4	582,00	11,50	0,00	67,00	8,80	12,90	30,50	13,80	22,15	8,88
5	617,00	11,70	0,00	66,00	8,20	8,50	30,60	13,00	21,80	7,58
6	440,00	6,90	7,00	77,00	15,00	7,60	32,60	14,30	23,45	5,84
7	308,00	2,00	0,00	83,00	4,90	6,70	28,80	18,60	23,70	3,71
8	492,00	8,10	0,00	74,00	7,00	11,50	29,60	17,20	23,40	8,00
9	500,00	9,50	7,20	75,00	9,10	8,20	31,40	16,10	23,75	6,15
10	353,00	5,60	66,20	88,00	6,50	7,30	31,60	17,80	24,70	
11	222,00	0,60	8,90	94,00	6,60	8,50	25,80	18,40	22,10	2,74
12	399,00	6,60	0,00	81,00	9,40	15,30	28,20	17,20	22,70	6,40
13	542,00	11,50	0,00	73,00	8,00	14,30	28,20	14,20	21,20	7,86
14	534,00	9,40	0,00	75,00	6,60	7,10	29,00	13,40	21,20	5,69
15	579,00	11,30	0,00	65,00	5,80	9,30	30,60	14,70	22,65	8,75
16	470,00	8,90	0,00	72,00	6,80	7,00	31,10	14,40	22,75	5,26
17	555,00	5,40	12,50	85,00	11,40	10,50	31,40	18,80	25,10	6,20
18	398,00	3,50	5,10	82,00	9,50	9,00	29,00	18,60	23,80	6,16
19	596,00	11,70	0,00	67,00	5,20	7,30	31,20	19,00	25,10	7,46
20	357,00	5,90	0,00	82,00	5,90	8,20	30,40	18,40	24,40	5,00
21	557,00	10,00	0,00	70,00	5,10	5,00	32,20	17,00	24,60	6,30
22	591,00	10,50	0,00	58,00	8,00	8,80	34,10	18,80	26,45	9,56
23	569,00	11,50	0,00	63,00	6,20	7,80	32,80	16,50	24,65	7,78
24	605,00	11,60	0,00	63,00	5,00	6,40	33,70	17,90	25,80	8,06
25	462,00	6,90	0,00	73,00	9,00	12,00	31,40	19,50	25,45	8,42
26	281,00	1,90	2,90	78,00	7,30	11,50	27,20	17,50	22,35	4,40
27	585,00	11,60	0,00	66,00	7,70	12,50	28,60	15,70	22,15	9,48
28	612,00	12,00	0,00	65,00	6,70	8,50	29,90	13,10	21,50	8,03
29	552,00	11,80	0,00	65,00	4,90	9,00	33,20	14,80	24,00	6,95
30	470,00	8,70	0,00	71,00	8,50	10,20	30,30	21,20	25,75	7,80
31	557,00	11,80	0,00	62,00	4,40	4,70	34,30	19,80	27,05	7,70
Média	475,19	8,18	4,59	73,94	7,35	9,09	30,24	16,77	23,50	6,67
Total	14731,00	253,60	142,20	2292,00	227,80	281,80	937,30	520,00	728,65	199,98

Dias de chuva: 8

Apêndice 5. Dados Climáticos de Janeiro de 1993.

DIA jan	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	461,00	9,80	0,00	65,00	5,00	5,50	34,80	22,20	28,50	7,92
2	551,00	10,30	2,30	66,00	5,70	5,80	36,40	20,80	28,60	8,32
3	455,00	8,20	3,40	80,00	11,70	6,90	34,40	21,50	27,95	6,77
4	467,00	7,20	0,30	81,00	6,70	5,90	32,40	20,30	26,35	6,19
5	381,00	5,60	1,10	86,00	18,80	9,00	30,80	20,50	25,65	5,46
6	399,00	6,80	3,20	81,00	8,60	7,00	31,80	20,00	25,90	5,75
7	516,00	10,00	0,90	80,00	8,60	8,80	33,00	19,40	26,20	4,16
8	246,00	1,10	7,80	94,00	9,30	8,30	28,60	20,20	24,40	4,20
9	233,00	2,20	11,00	92,00	9,40	8,10	29,80	20,80	25,30	4,48
10	177,00	0,00	23,30	96,00	7,40	5,80	24,60	20,00	22,30	2,46
11	84,00	0,00	28,40	98,00	5,00	8,70	21,50	19,20	20,35	
12	215,00	1,10	39,40	95,00	4,80	7,10	26,90	19,00	22,95	
13	489,00	6,60	0,20	82,00	10,50	7,50	31,10	18,80	24,95	5,92
14	365,00	3,30	2,60	81,00	8,90	5,50	31,20	18,00	24,60	4,64
15	500,00	8,30	0,00	75,00	7,70	6,20	32,60	18,90	25,75	6,30
16	473,00	7,30	0,00	72,00	5,00	7,30	33,20	21,00	27,10	7,32
17	449,00	5,20	0,00	73,00	14,00	12,10	33,00	19,50	26,25	7,98
18	374,00	4,10	2,00	87,00	9,70	8,30	30,00	20,40	25,20	5,14
19	353,00	1,50	1,20	82,00	7,60	5,00	27,80	18,20	23,00	3,66
20	401,00	6,20	5,90	83,00	9,30	5,40	30,50	18,20	24,35	6,08
21	510,00	10,20	0,00	76,00	9,90	10,60	30,80	18,10	24,45	7,20
22	584,00	11,00	0,00	66,00	7,70	11,60	31,40	18,80	25,10	8,46
23	336,00	3,70	5,40	85,00	5,50	5,00	31,00	18,90	24,95	3,76
24	432,00	6,50	4,50	85,00	11,50	6,00	30,60	19,00	24,80	4,89
25	647,00	5,50	19,30	85,00	21,90	8,30	31,90	19,50	25,70	7,07
26	285,00	1,20	7,10	90,00	4,90	5,90	31,60	19,40	25,50	2,74
27	278,00	0,10	1,50	87,00	4,80	4,50	26,60	19,50	23,05	2,34
28	506,00	9,60	0,00	80,00	9,00	5,80	32,20	19,40	25,80	6,94
29	546,00	10,60	0,00	71,00	4,60	5,00	33,60	19,20	26,40	7,16
30	507,00	9,10	0,00	73,00	9,30	7,70	34,20	20,60	27,40	7,58
31	419,00	4,40	9,10	81,00	17,00	8,30	33,00	20,60	26,80	6,34
Média	407,71	5,70	5,80	81,55	9,03	7,19	31,01	19,67	25,34	5,77
Total	12639,00	176,70	179,90	2528,00	279,80	222,90	961,30	609,90	785,60	167,23

Dias chuva: 22

Apêndice 6. Dados Climáticos de Fevereiro de 1993.

DIA fev	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	VAPO- RACAO mm
1	348,00	2,10	0,00	82,00	6,30	6,70	30,80	19,00	24,90	4,08
2	369,00	4,30	9,50	86,00	15,90	7,20	31,80	18,70	25,25	5,66
3	258,00	0,60	12,70	89,00	10,40	6,60	28,00	18,90	23,45	5,66
4	335,00	2,40	5,70	88,00	6,70	9,30	27,40	19,10	23,25	2,68
5	134,00	0,50	2,30	94,00	6,00	6,80	23,40	19,00	21,20	0,66
6	338,00	2,60	0,60	87,00	7,50	8,20	28,80	19,50	24,15	3,00
7	329,00	3,00	4,50	89,00	6,00	8,90	30,20	20,70	25,45	4,10
8	399,00	5,30	5,90	84,00	7,80	9,10	31,70	20,20	25,95	5,94
9	393,00	2,70	4,40	84,00	6,00	8,20	29,60	20,40	25,00	4,84
10	221,00	0,30	12,80	95,00	4,60	7,00	27,20	20,00	23,60	3,36
11	326,00	3,20	37,20	90,00	10,00	8,40	29,50	20,80	25,15	
12	471,00	7,60	0,50	85,00	16,30	8,60	29,80	18,80	24,30	5,63
13	524,00	10,00	0,00	79,00	4,20	6,90	31,60	16,60	24,10	5,78
14	377,00	6,80	30,00	86,00	9,60	10,70	29,60	19,00	24,30	5,88
15	317,00	1,80	19,90	88,00	5,60	7,90	27,60	19,40	23,50	5,12
16	350,00	2,80	21,30	88,00	12,80	7,50	28,20	19,20	23,70	
17	272,00	1,00	5,00	90,00	4,90	4,60	26,80	20,00	23,40	6,48
18	213,00	0,20	0,00	90,00	5,60	6,10	26,20	19,20	22,70	2,46
19	456,00	7,10	24,40	83,00	12,50	8,40	31,40	18,00	24,70	
20	290,00	4,30	8,20	84,00	6,90	4,80	27,20	18,00	22,60	9,14
21	333,00	0,20	0,30	82,00	9,00	7,20	29,00	18,40	23,70	4,04
22	216,00	1,70	20,10	88,00	4,40	6,60	25,20	18,00	21,60	
23	234,00	0,90	3,30	87,00	4,60	5,00	26,20	16,80	21,50	1,96
24	351,00	5,10	0,00	85,00	4,80	6,20	28,40	18,40	23,40	3,70
25	530,00	9,20	0,00	70,00	7,40	8,10	30,60	17,00	23,80	6,50
26	425,00	8,00	0,00	70,00	8,60	9,30	30,20	17,20	23,70	6,40
27	318,00	4,70	3,50	84,00	6,80	5,00	30,40	18,00	24,20	2,26
28	405,00	6,10	0,00	78,00	4,70	4,40	29,80	18,20	24,00	5,66
Média	340,43	3,73	8,29	85,18	7,71	7,28	28,81	18,80	23,81	4,62
Total	9532,00	104,50	232,10	2385,00	215,90	203,70	806,60	526,50	666,55	110,99

Dias chuva: 21

Apêndice 7. Dados Climáticos de Março de 1993.

DIA mar	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA .. %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPORACAO mm
1	294,00	2,00	0,00	84,00	10,90	6,10	30,20	20,00	25,10	3,96
2	347,00	7,90	0,00	74,00	4,40	4,90	32,80	17,20	25,00	5,76
3	458,00	8,10	0,00	71,00	5,40	6,10	31,40	19,20	25,30	6,58
4	426,00	8,50	0,00	77,00	8,00	9,70	31,20	19,40	25,30	6,34
5	299,00	1,80	0,00	84,00	5,70	8,50	28,40	18,80	23,60	3,56
6	516,00	10,20	0,00	67,00	5,00	5,80	33,40	18,00	25,70	6,14
7	492,00	9,00	0,00	66,00	3,40	4,30	33,80	17,60	25,70	3,14
8	459,00	9,00	0,00	65,00	4,90	5,30	34,00	18,40	26,20	6,56
9	444,00	10,70	0,00	65,00	6,40	6,40	34,80	18,20	26,50	7,10
10	467,00	9,60	0,00	74,00	6,60	7,40	33,80	19,00	26,40	6,60
11	432,00	8,30	0,00	73,00	6,90	7,70	32,60	19,00	25,80	6,08
12	458,00	10,20	0,00	73,00	7,00	7,50	33,00	19,20	26,10	7,04
13	488,00	10,20	0,00	72,00	5,50	6,40	32,00	17,60	24,80	6,10
14	446,00	7,00	0,00	73,00	15,30	7,10	33,60	17,60	25,60	7,42
15	393,00	6,30	0,00	71,00	2,00	4,20	31,80	18,10	24,95	3,66
16	320,00	5,20	2,90	78,00	9,30	6,50	31,20	18,40	24,80	4,60
17	447,00	7,80	0,00	77,00	4,90	5,10	32,10	17,80	24,95	6,46
18	302,00	5,40	2,40	87,00	5,30	7,90	31,40	18,80	25,10	3,68
19	362,00	6,60	34,40	89,00	19,70	6,60	30,00	17,90	23,95	
20	353,00	4,50	0,00	82,00	7,70	12,60	28,40	19,40	23,90	5,70
21	264,00	1,50	3,40	87,00	5,80	8,00	27,00	18,60	22,80	2,82
22	212,00	1,10	0,80	93,00	4,10	6,70	26,40	18,40	22,40	2,00
23	311,00	4,90	34,90	90,00	15,00	7,90	30,40	18,60	24,50	
24	404,00	6,90	15,30	89,00	15,00	8,00	29,90	18,40	24,15	4,74
25	285,00	2,60	0,30	89,00	4,40	5,30	28,10	19,00	23,55	2,18
26	255,00	2,70	0,00	89,00	2,30	3,70	29,30	18,50	23,90	2,60
27	326,00	5,00	9,50	86,00	5,40	5,10	30,40	17,90	24,15	4,83
28	336,00	6,70	10,00	86,00	7,20	5,30	30,60	18,80	24,70	3,25
29	159,00	0,10	1,70	97,00	2,00	2,60	25,60	19,10	22,35	2,06
30	423,00	7,80	0,00	83,00	6,50	7,00	29,60	19,80	24,70	5,28
31	375,00	6,90	40,30	77,00	6,00	6,40	30,90	18,20	24,55	
Média	372,68	6,27	5,03	79,61	7,03	6,52	30,91	18,55	24,73	4,87
Total	11553,00	194,50	155,90	2468,00	218,00	202,10	958,10	574,90	766,50	136,24

Dias de chuva: 12

Apêndice 8. Dados Climáticos de Abril de 1993.

DIA abr	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	129,00	0,20	2,30	95,00	3,40	4,80	24,80	19,20	22,00	0,56
2	141,00	1,20	0,90	93,00	2,00	4,00	26,20	19,30	22,75	1,58
3	275,00	4,80	1,30	91,00	5,40	4,00	28,70	18,60	23,65	2,82
4	399,00	8,70	0,00	79,00	2,90	4,70	30,50	17,30	23,90	4,84
5	405,00	8,70	0,00	82,00	5,30	7,30	31,80	18,20	25,00	5,30
6	320,00	8,90	0,00	82,00	6,10	6,30	31,00	18,70	24,85	4,29
7	381,00	9,80	0,00	77,00	5,00	6,10	32,60	19,10	25,85	5,40
8	195,00	4,10	39,50	94,00	21,20	8,20	29,40	19,40	24,40	7,71
9	383,00	8,80	0,00	83,00	5,60	8,30	26,00	16,90	21,45	4,86
10	413,00	8,90	0,00	77,00	7,60	7,50	27,30	15,20	21,25	4,74
11	389,00	8,80	0,00	77,00	5,20	7,20	29,80	13,40	21,60	4,20
12	378,00	8,20	1,40	79,00	5,00	6,50	29,80	18,10	23,95	4,50
13	351,00	7,40	0,00	85,00	3,50	5,00	30,20	17,40	23,80	3,96
14	363,00	6,10	0,00	81,00	2,00	4,00	31,80	16,50	24,15	4,09
15	401,00	9,10	0,00	78,00	3,20	5,90	31,80	16,90	24,35	4,93
16	308,00	9,70	0,00	73,00	7,00	5,70	31,40	15,80	23,60	6,00
17	419,00	10,10	0,00	80,00	6,20	5,50	31,20	14,80	23,00	4,20
18	399,00	10,00	0,00	79,00	5,00	4,40	31,00	16,40	23,70	4,00
19	402,00	9,90	0,00	77,00	3,70	4,10	31,40	16,50	23,95	4,48
20	356,00	8,40	0,00	79,00	4,70	5,50	31,30	18,30	24,80	4,26
21	339,00	7,40	0,00	77,00	5,30	7,20	31,80	17,50	24,65	4,78
22	348,00	9,30	0,00	78,00	5,30	10,80	28,70	18,60	23,65	5,26
23	275,00	4,10	12,30	85,00	4,30	4,90	28,80	17,10	22,95	3,56
24	371,00	7,30	0,00	84,00	5,10	5,40	27,00	17,50	22,25	3,92
25	374,00	8,50	0,00	80,00	2,70	4,90	28,20	14,40	21,30	4,12
26	351,00	8,70	0,00	76,00	4,40	5,30	29,30	13,60	21,45	3,95
27	389,00	9,80	0,00	69,00	7,20	7,10	29,60	14,60	22,10	5,03
28	366,00	9,40	0,00	76,00	4,40	5,30	30,00	14,40	22,20	3,72
29	378,00	8,50	0,00	77,00	7,70	7,50	30,00	15,20	22,60	4,67
30	371,00	8,70	0,00	74,00	4,80	6,10	30,10	15,20	22,65	4,33
Média	345,63	7,78	1,92	80,57	5,37	5,98	29,72	16,80	23,26	4,34
Total	10369,00	233,50	57,70	2417,00	161,20	179,50	891,50	504,10	697,80	130,06

Dias de chuva: 6

Apêndice 9. Dados Climáticos de Maio de 1993.

DIA mai	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA " %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	336,00	8,30	0,00	78,00	6,40	4,60	30,00	15,60	22,80	3,68
2	306,00	6,00	0,00	81,00	5,00	6,20	30,00	15,60	22,80	3,70
3	266,00	5,10	9,70	89,00	15,20	9,30	28,70	15,50	22,10	4,65
4	351,00	8,50	0,00	75,00	6,40	9,90	29,40	15,70	22,55	4,39
5	279,00	5,80	20,80	88,00	19,80	9,30	28,60	18,60	23,60	6,36
6	180,00	1,40	0,00	88,00	4,00	7,10	24,30	16,80	20,55	2,52
7	366,00	10,10	0,00	81,00	5,00	6,00	29,20	15,00	22,10	3,74
8	371,00	8,70	0,00	77,00	3,00	5,00	28,90	13,80	21,35	3,59
9	360,00	8,00	0,00	78,00	4,50	6,20	28,50	12,00	20,25	4,05
10	363,00	8,30	0,00	75,00	4,00	6,00	28,20	11,60	19,90	3,80
11	317,00	9,30	0,00	68,00	6,20	9,00	28,70	13,00	20,85	4,87
12	338,00	8,60	0,00	69,00	6,70	8,50	29,60	12,80	21,20	4,19
13	237,00	2,60	5,00	59,00	11,50	11,80	28,80	14,00	21,40	5,21
14	68,00	0,10	19,40	88,00	7,00	9,60	20,20	18,80	19,50	
15	120,00	1,20	1,40	89,00	5,00	7,00	20,20	14,50	17,35	0,95
16	224,00	3,00	0,00	84,00	8,40	10,70	22,20	12,00	17,10	2,20
17	339,00	8,60	0,00	77,00	6,30	10,50	26,80	10,90	18,85	4,08
18	341,00	9,50	0,00	80,00	5,20	5,40	27,50	13,40	20,45	3,68
19	333,00	8,80	0,00	77,00	5,60	6,50	26,60	11,90	19,25	3,47
20	327,00	7,80	0,00	74,00	7,00	9,00	25,80	11,60	18,70	4,25
21	360,00	9,80	0,00	77,00	6,60	6,60	25,40	9,20	17,30	3,78
22	350,00	9,90	0,00	75,00	3,00	6,30	25,40	9,40	17,40	4,03
23	326,00	9,80	0,00	73,00	4,00	5,30	26,50	10,00	18,25	3,16
24	338,00	9,80	0,00	74,00	5,40	4,80	25,90	9,50	17,70	3,62
25	317,00	8,70	0,00	81,00	2,00	3,70	26,20	9,80	18,00	3,88
26	264,00	6,10	0,00	82,00	3,70	4,70	26,50	10,20	18,35	3,56
27	302,00	7,80	0,00	78,00	6,60	8,00	26,40	11,60	19,00	3,68
28	206,00	3,50	0,00	85,00	5,20	10,50	20,40	13,20	16,80	2,94
29	243,00	5,20	16,50	80,00	4,30	7,30	25,00	10,70	17,85	3,88
30	38,00	0,00	46,90	99,00	8,00	9,40	17,40	14,30	15,85	
31	212,00	5,30	0,00	90,00	5,40	6,70	25,80	15,80	20,80	1,74
Média	283,16	6,63	3,86	79,65	6,34	7,45	26,23	13,12	19,68	3,71
Total	8778,00	205,60	119,70	2469,00	196,40	230,90	813,10	406,80	609,95	107,65

Dias de chuva: 7

Apêndice 10. Dados Climáticos de Junho de 1993.

DIA jun	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPORACAO mm
1	144,00	0,60	0,00	89,00	8,00	11,80	20,80	16,00	18,40	2,663
2	263,00	6,00	0,00	87,00	5,60	7,70	23,00	10,60	16,80	2,32
3	272,00	8,20	0,00	85,00	4,80	8,80	25,80	12,20	19,00	2,16
4	312,00	8,40	12,40	81,00	9,80	11,80	27,40	13,00	20,20	3,95
5	113,00	1,10	1,20	95,00	4,10	5,20	22,60	16,00	19,30	0,63
6	248,00	6,00	0,00	89,00	4,00	4,60	25,40	17,00	21,20	2,47
7	273,00	6,50	0,00	87,00	1,00	5,10	27,00	14,20	20,60	2,42
8	356,00	7,40	0,00	82,00	5,20	8,80	27,50	13,80	20,65	2,69
9	285,00	9,00	0,00	78,00	4,60	6,80	28,50	14,10	21,30	3,06
10	113,00	0,10	2,00	92,00	4,80	9,70	21,40	17,50	19,45	1,66
11	143,00	1,20	0,20	87,00	4,70	12,20	19,60	13,70	16,65	1,92
12	300,00	9,60	0,00	80,00	9,10	12,50	23,80	13,80	18,80	3,92
13	332,00	9,80	0,00	78,00	8,30	9,30	24,80	10,90	17,85	3,88
14	329,00	9,50	0,00	77,00	4,70	7,90	24,20	8,90	16,55	3,22
15	293,00	7,30	0,00	73,00	5,20	8,90	24,20	7,80	16,00	2,57
16	318,00	8,30	0,00	73,00	11,00	10,40	24,20	10,90	17,55	3,95
17	228,00	1,20	9,80	76,00	11,40	8,00	24,20	12,50	18,35	2,76
18	30,00	0,00	21,40	97,00	6,00	12,00	16,20	14,60	15,40	1,59
19	284,00	6,50	0,00	83,00	2,00	5,10	20,60	11,90	16,25	2,45
20	288,00	6,40	0,00	85,00	2,40	4,80	21,50	6,10	13,80	1,58
21	312,00	7,60	0,00	80,00	2,50	6,50	25,60	5,50	15,55	2,57
22	318,00	9,70	0,00	78,00	3,50	7,50	27,00	7,90	17,45	2,55
23	302,00	8,90	0,00	80,00	4,80	7,40	26,50	9,40	17,95	3,08
24	314,00	9,60	0,00	73,00	4,50	9,20	27,40	10,10	18,75	3,84
25	300,00	9,20	0,00	76,00	2,50	6,00	27,60	10,00	18,80	2,48
26	321,00	8,50	0,00	75,00	5,90	8,00	26,80	9,20	18,00	3,48
27	332,00	9,20	0,00	70,00	6,70	10,50	26,80	9,60	18,20	3,98
28	314,00	9,50	0,00	67,00	5,80	8,10	27,10	9,40	18,25	3,80
29	248,00	6,80	0,00	69,00	4,70	7,10	27,30	9,80	18,55	2,22
30	227,00	4,90	0,00	81,00	3,40	7,50	26,80	12,80	19,80	2,39
Média	263,73	6,57	1,57	80,77	5,37	8,31	24,72	11,64	18,18	2,74
Total	7912,00	197,00	47,00	2423,00	161,00	249,20	741,60	349,20	545,40	82,25

Dias de chuva: 6

Apêndice 11. Dados Climáticos de Julho de 1993.

DIA jul	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPQ RACAO mm
1	300,00	9,30	0,00	67,00	7,90	9,60	29,30	11,70	20,50	4,39
2	279,00	6,60	0,00	62,00	9,00	9,60	29,80	15,40	22,60	4,84
3	245,00	4,50	0,00	69,00	4,80	9,50	30,90	16,80	23,85	4,50
4	318,00	9,50	0,00	69,00	5,20	9,40	31,20	12,60	21,90	4,38
5	314,00	9,50	0,00	58,00	7,20	9,20	30,20	11,60	20,90	4,78
6	320,00	9,70	0,00	63,00	8,60	12,30	29,80	11,70	20,75	5,54
7	173,00	1,90	0,00	86,00	9,80	9,00	21,70	15,50	18,60	2,64
8	332,00	7,60	0,00	81,00	2,90	3,50	24,80	6,90	15,85	2,00
9	257,00	7,00	0,00	80,00	4,30	7,30	28,10	9,70	18,90	2,58
10	297,00	9,10	0,00	74,00	4,00	6,80	28,80	14,30	21,55	3,51
11	342,00	9,60	0,00	71,00	5,80	9,10	28,40	12,80	20,60	4,45
12	282,00	8,50	0,00	73,00	4,90	6,70	29,20	13,20	21,20	3,56
13	246,00	5,90	0,00	83,00	9,10	12,10	24,40	12,30	18,35	3,52
14	63,00	0,10	12,70	96,00	6,00	7,00	15,70	13,10	14,40	1,02
15	279,00	5,20	0,00	87,00	4,00	4,80	20,00	9,80	14,90	2,18
16	275,00	5,80	0,00	88,00	3,60	4,30	24,80	9,80	17,30	1,92
17	213,00	2,20	0,00	88,00	2,90	6,30	25,00	11,60	18,30	1,84
18	272,00	8,50	0,00	81,00	2,10	4,90	26,80	12,40	19,60	2,51
19	270,00	7,00	0,00	76,00	2,00	6,20	28,50	12,60	20,55	2,75
20	326,00	9,50	0,00	74,00	2,40	6,50	28,30	11,40	19,85	3,64
21	336,00	9,60	0,00	72,00	2,00	5,20	28,60	10,60	19,60	2,96
22	335,00	9,70	0,00	71,00	1,00	5,90	29,40	9,70	19,55	4,68
23	340,00	9,50	0,00	71,00	3,90	6,80	29,00	10,00	19,50	2,56
24	341,00	9,40	0,00	69,00	6,30	9,10	27,80	10,00	18,90	4,32
25	332,00	9,40	0,00	79,00	5,00	9,00	23,80	10,40	17,10	3,34
26	320,00	8,40	0,00	79,00	5,10	8,10	21,80	8,60	15,20	3,14
27	249,00	5,30	0,00	80,00	4,60	6,10	23,30	6,90	15,10	1,84
28	318,00	9,00	0,00	79,00	3,90	7,00	28,20	10,40	19,30	2,51
29	282,00	6,20	0,00	74,00	6,30	8,30	30,00	14,00	22,00	3,28
30	188,00	2,60	1,00	89,00	12,30	13,10	25,20	17,10	21,15	3,57
31	195,00	3,30	0,00	77,00	9,80	12,10	17,30	11,20	14,25	3,00
Média	278,68	7,08	0,44	76,32	5,38	7,90	26,45	11,75	19,10	3,28
Total	8639,00	219,40	13,70	2366,00	166,70	244,80	820,10	364,10	592,10	101,75

Dias de chuva: 2

Apêndice 12. Dados Climáticos de Agosto de 1993.

DIA ago	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPQ RACAO mm
1	96,00	0,40	0,10	74,00	3,20	3,80	14,50	4,00	9,25	1,16
2	288,00	6,90	0,00	74,00	3,10	6,00	24,30	7,90	16,10	1,96
3	308,00	9,00	0,00	72,00	5,00	6,30	30,00	10,80	20,40	3,46
4	333,00	8,90	0,00	80,00	5,40	7,10	28,90	11,60	20,25	3,88
5	308,00	7,30	0,00	80,00	1,00	3,80	28,20	10,70	19,45	2,56
6	285,00	6,30	0,00	80,00	3,20	5,80	28,40	12,20	20,30	2,96
7	356,00	9,70	0,00	64,00	4,50	7,80	30,20	10,50	20,35	4,30
8	359,00	9,80	0,00	64,00	5,30	8,80	30,80	11,00	20,90	5,36
9	326,00	9,20	0,00	66,00	3,50	7,00	31,70	11,20	21,45	3,79
10	101,00	0,50	0,50	89,00	7,80	10,40	21,90	12,40	17,15	1,22
11	410,00	10,10	0,00	67,00	5,00	8,10	22,80	6,80	14,80	4,14
12	388,00	9,60	0,00	55,00	7,40	11,80	24,00	4,60	14,30	4,46
13	370,00	9,60	0,00	66,00	6,80	8,80	26,40	7,40	16,90	4,76
14	80,00	0,10	0,90	81,00	10,00	7,70	21,40	10,30	15,85	1,56
15	177,00	2,10	0,00	90,00	4,90	6,90	21,80	12,00	16,90	1,46
16	320,00	8,10	0,00	76,00	5,50	4,70	26,70	11,80	19,25	3,20
17	356,00	7,80	0,00	72,00	4,40	5,70	27,50	11,60	19,55	3,96
18	170,00	2,10	0,70	86,00	5,20	8,00	23,50	11,80	17,65	1,97
19	161,00	0,70	0,00	85,00	3,50	3,80	19,60	12,50	16,05	1,24
20	399,00	9,20	0,00	67,00	5,50	7,50	25,70	9,20	17,45	4,76
21	423,00	10,00	73,00	9,30	14,60	23,90	6,80	15,35	5,20	
22	404,00	7,30	0,00	69,00	7,10	9,90	26,10	9,80	17,95	4,85
23	63,00	0,00	15,80	98,00	1,00	5,60	15,60	10,90	13,25	0,65
24	65,00	0,00	33,80	98,00	7,40	7,30	20,20	15,50	17,85	
25	363,00	8,80	0,00	86,00	5,20	7,60	25,00	12,50	18,75	3,30
26	426,00	9,70	0,00	70,00	5,90	8,00	28,40	13,40	20,90	4,20
27	420,00	10,00	0,00	67,00	9,20	7,50	30,00	12,00	21,00	6,66
28	410,00	10,30	0,00	61,00	3,20	6,70	31,20	11,90	21,55	5,28
29	434,00	10,30	0,00	64,00	5,00	9,30	33,70	9,60	21,65	5,62
30	414,00	10,20	0,00	60,00	6,10	10,80	34,40	12,20	23,30	5,56
31	365,00	9,40	0,00	57,00	5,50	8,50	34,20	14,00	24,10	5,66
Média	302,52	6,88	1,67	73,90	5,33	7,60	26,16	10,61	18,39	3,64
Total	9378,00	213,40	51,80	2291,00	165,10	235,60	811,00	328,90	569,95	109,14

Dias de chuva: 6

Apêndice 13. Dados Climáticos de Setembro de 1993.

DIA set	R.GLOBAL cal/cm ² .d	INSO- LACAO h/d	PRECIPI- TACAO mm/alt	UMIDADE RELATIVA %	VENTO MAXIMO m/s	VENTO MEDIO Km/h	TEMPER. MAXIMA °C	TEMPER. MINIMA °C	TEMPER. MEDIA °C	EVAPO RACAO mm
1	318,00	8,60	0,00	74,00	4,00	4,50	32,60	18,50	25,55	4,56
2	330,00	8,30	0,00	71,00	3,40	5,60	32,40	16,10	24,25	3,34
3	279,00	4,30	0,00	83,00	17,50	13,70	26,20	17,20	21,70	5,49
4	330,00	6,50	1,00	84,00	5,10	6,80	23,60	14,50	19,05	2,95
5	401,00	9,50	0,00	74,00	4,50	7,10	29,70	11,30	20,50	4,03
6	392,00	9,40	0,00	65,00	6,70	8,60	34,10	14,70	24,40	6,05
7	275,00	6,30	6,50	73,00	11,20	13,00	32,30	16,40	24,35	4,76
8	114,00	0,00	0,40	97,00	4,30	6,30	21,80	18,00	19,90	0,28
9	204,00	1,10	0,00	95,00	4,40	6,90	24,00	16,90	20,45	1,74
10	239,00	1,00	3,20	91,00	5,20	9,60	23,60	15,20	19,40	2,58
11	104,00	0,00	0,40	92,00	9,90	14,80	18,80	14,20	16,50	2,28
12	500,00	9,10	0,00	78,00	11,40	15,90	24,00	12,00	18,00	5,18
13	488,00	9,50	0,00	75,00	8,70	10,70	26,70	11,50	19,10	5,10
14	192,00	1,30	14,00	87,00	11,50	10,80	22,00	12,50	17,25	2,06
15	113,00	1,00	26,60	94,00	7,80	8,60	22,40	15,40	18,90	4,30
16	357,00	7,90	0,00	85,00	8,10	7,60	26,60	14,00	20,30	2,72
17	456,00	8,60	0,00	77,00	8,60	9,70	28,60	12,20	20,40	6,54
18	465,00	10,30	0,00	68,00	3,80	5,40	30,00	12,20	21,10	4,76
19	354,00	6,20	0,00	73,00	8,20	7,80	31,80	14,20	23,00	4,68
20	384,00	8,20	4,50	80,00	19,50	11,30	33,50	17,10	25,30	5,95
21	63,00	0,00	15,20	97,00	14,40	10,00	24,40	18,20	21,30	1,93
22	303,00	2,70	2,00	90,00	7,50	7,60	26,10	15,40	20,75	0,42
23	92,00	0,00	17,50	98,00	14,00	6,60	20,80	15,90	18,35	
24	285,00	1,00	41,20	91,00	7,60	7,30	28,20	17,40	22,80	
25	294,00	3,10	0,00	83,00	11,50	19,00	25,20	17,30	21,25	4,86
26	434,00	7,30	17,50	83,00	5,90	6,20	27,40	15,00	21,20	3,74
27	156,00	0,40	4,00	98,00	6,40	8,30	24,20	18,80	21,50	1,26
28	522,00	9,80	0,00	74,00	5,20	6,20	27,50	14,80	21,15	5,33
29	345,00	4,80	0,00	81,00	1,00	4,30	28,70	14,60	21,65	3,81
30	368,00	5,60	0,40	85,00	8,60	8,60	28,60	17,50	23,05	4,00
Média	305,23	5,06	5,15	83,20	8,20	8,96	26,86	15,30	21,08	3,74
Total	9157,00	151,80	154,40	2496,00	245,90	268,80	805,80	459,00	632,40	104,70

Dias de chuva: 15