

TESE DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ÁGUA E SOLO

**TÍTULO: *NECESSIDADES HÍDRICAS, CRESCIMENTO
E DESENVOLVIMENTO DO ABACAXIZEIRO
NOS TABULEIROS DE SANTA RITA - PB***

AUTOR: CLEBER BRITO DE SOUZA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO TEMÁTICO
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS

NECESSIDADES HÍDRICAS, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO
ABACAXIZEIRO NOS TABULEIROS DE SANTA RITA - PB

CLEBER BRITO DE SOUZA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA – BRASIL

Agosto/2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

**NECESSIDADES HÍDRICAS, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO
ABACAXIZEIRO NOS TABULEIROS DE SANTA RITA – PB**

CLEBER BRITO DE SOUZA

**Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Recursos Naturais da Universidade
Federal de Campina Grande, em cumprimento
às exigências para obtenção do grau de Doutor**

Área de Concentração: Água e Solo

Sub-Área: Agrometeorologia

**Orientadores: Dr. Bernardo Barbosa da Silva
Dr. Pedro Vieira de Azevedo**

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA – BRASIL

Agosto/2003

Ficha Catalográfica

	Souza, Cleber Brito de
S726n	Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB / Cleber Brito de Souza – Campina Grande : UFCG, 2003
	124p. : il
	Tese (Doutorado). UFCG/CCT Inclui bibliografia
	1. Necessidades hídricas do abacaxizeiro 2. Coeficiente de cultivo 3. Análise de crescimento e desenvolvimento de plantas 4. Balanço de energia 5. Abacaxi – Cultivo. I - Título
	CDU 634.774

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

CLEBER BRITO DE SOUZA

**NECESSIDADES HÍDRICAS, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
DO ABACAXIZEIRO NOS TABULEIROS DE SANTA RITA - PB**

APROVADA EM: 28/08/2003

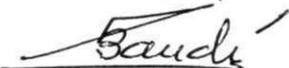
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA
Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



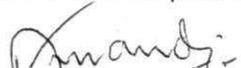
Prof. Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Prof. Dr. ROMÍSIO GERALDO BOUHID ANDRÉ
Laboratório de Engenharia e Extração de Petróleo - LENEP
Universidade Norte Fluminense - UNF



Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES
Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Prof. Dr. JOSÉ DANTAS NETO
Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aos meus queridos pais
Sebastião Euclides de Sousa e
Elequicina Brito de Souza

DEDICO

À minha esposa Luciana Felismina Ramos Borges e Souza e aos meus
filhos (a) Talita Borges Brito, Tálito Borges Brito e Tárcito Borges Brito

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Desfaço-me das titulações para humildemente agradecer:

- A DEUS, por tudo que me concede.
- Para mamãe e papai, “Dona Cina e Seu Euclides”, pelo empenho, carinho, esforço, exemplo de dedicação e proteção que proporcionam à minha vida. Deus os abençoe.
- A minha querida esposa Luciana, meus maravilhosos filhos Talita, Tálito e Tár cito que me compreendem e me incentivam no dia-a-dia.
- A minha irmã Nildinha e aos meus irmãos Nildinho, Merço, Vaninho, Lando e Naldo, por terem sempre acreditado nos meus esforços e o carinho e respeito com que me tratam. Deus os abençoe.
- Ao meu sogro e à minha sogra, José de Agácio e Lúcia Ramos, meu cunhado Agacinho, esposa e filhos, sempre ao meu lado, agradeço-lhes e que Deus os protejam.
- Para minha Tia Iralina, minha prima Zulmira e sua família, Deus os protejam e obrigado.
- Ao CNPq pelo apoio financeiro e instrumental concedido através do Projeto Integrado (Processo 46.0852/00-0 (NV)) coordenado pelo Professor Pedro Vieira de Azevedo.
- A CAPES pela concessão de 12 meses de Bolsa de PICDT.
- Aos professores, amigos e orientadores da UFCG, Dr. Bernardo Barbosa da Silva e Dr. Pedro Vieira de Azevedo, pelo muito que aprendi, tanto para a vida como para a profissão, bem como pela disponibilidade de nos oferecer esta pesquisa para conclusão do grau de Doutorado. Obrigado.
- Ao meu amigo, compadre e irmão, Bernardo Barbosa da Silva (Berna, extensivo à sua família) pelo muito que me incentiva, pela nossa antiga, presente e futura amizade, sinto-me feliz por ter lhe conhecido.
- Ao Engenheiro Agrônomo João Xavier de Araújo, proprietário do imóvel no qual se desenvolveu essa pesquisa, pela acolhida, orientação técnica sobre o cultivo e o coleguismo prestado durante toda a fase do experimento, o nosso reconhecimento.
- Aos que colaboraram e deram suporte ao nosso trabalho: Reginaldo (DNOCS, C. Grande, PB), Engenheiro Agrônomo Isnaldo e o Meteorologista Patrícia Rolando

LMRS/PB; Engenheiros Fred e Aragão CAGEPA; Professores Bráulio Maia (Prefeitura da UFCG) e Alexandre Gama, (Pró-Reitor UFCG) pela confecção da placa de localização do experimento. Ao INMT por ter nos cedido o tanque “classe A” para este experimento; amigos do Sítio Senhor do Bomfim e região da Mumbaba de Belê em Santa Rita - PB, que muito nos ajudaram e estiveram comigo durante a dura jornada desse experimento – amigos da “labuta”: Didiu, Dona Nevinha, Kátia e Isaías, Nenen, Saltador, Marinézio, Niere, compadre Jânio, Maria, Martins, Comadre Zezé e Orta, Seu Mané e Dona Maria, Felipe e sua comunidade de orações; Sandoval, pela confecção da cobertura plástica do evapotranspirômetro; Shinaide Lima (“secretária e amiga do meu lar”) , dentre muitos outros, nosso muito obrigado.

- Aos Professores, Doutores José Dantas Neto, Ramana Rao, T. V., (UFCG), José Maria (UFV), Napoleão Esberard (CNP-Algodão), por terem colaborado com as análises do nosso projeto de tese.
- Aos membros da Banca Examinadora, pelas sugestões apresentadas ao presente trabalho de Tese.
- Aos professores e amigos dos quais cursei disciplinas durante o Doutorado, muito obrigado.
- Ao doutorando Miguel Barreiro Neto (EMEPA); Bibliotecárias do Centro Nacional do Algodão (CNP - Algodão, C. Grande, PB); laboratoristas de água e solo (UFCG), Francisco, Doutor e Wilson, obrigado.
- Ao Professor Chateaubriand P. B. Junior – Diretor CFT/UFPB, Campus de Bananeiras, pelo apoio prestado e em nome do qual agradeço a todos dessa instituição a qual presto serviços.
- Aos colegas doutorandos Magna, Marcos Guedes, João, Ferreira, Josicleide, Paulo Cezar PC, Celcemir, Marcelo, Fred, Carlos Henrique, Demerval, Monteiro, Roberto Pordéus, obrigado pelo convívio e discussões acadêmicas.
- Aos colegas da minha turma “Brasil 500 anos”, em especial José Espínola, Porto Filho e Frederico Tejo, levarei saudades deste tempo.
- Por nossas viagens, caminhadas, reflexões e convivência durante essa pesquisa, ao meu amigo Engenheiro Agrônomo Carlos Antônio Soares Pessoa (Carlão), meu muito obrigado.

- Aos colegas de Departamento de Tecnologia Rural DTR-CFT/CAVN/UFPB, pela compreensão em nos liberar para o nosso aprimoramento ao nível de doutorado, agradeço-lhes.
- Ao meu amigo, compadre e irmão “Cumpade Ronny” (José Ronaldo dos Santos Souza – in memoriam) pela nossa eterna amizade.
- Ao amigo Engenheiro Agrícola MSc. Ademilton V. Damasceno, pelos nossos estudos em Catolé do Rocha-PB, que antecedeu este Doutorado e ao Dr. Adilson David de Barros (companheiro, desde o tempo da Escola de Agronomia do Nordeste-EAN, Areia, PB), muito obrigado.
- Aos meus amigos da adolescência/juventude, extensivo a seus pais, que souberam compreender-me e incentivar-me durante esses anos da minha vida.
- Aos que perto ou longe, sempre estiveram conosco. Obrigado.
- Agradeço ao povo brasileiro, que financiou meus estudos na Universidade Pública de Qualidade, durante as fases da Graduação, Mestrado e Doutorado e no qual pagam pelo meu trabalho de educador/pesquisador no CFT/CAVN/UFPB. Espero nunca decepcionar-lhes por esta contribuição que me proporcionaram e/ou proporcionam.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

RESUMO

ABSTRACT

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Características Gerais do Cultivo do Abacaxizeiro.....	4
2.2 Aspectos da Irrigação, Influência e Quantidade de Água no Cultivo do Abacaxizeiro.....	10
2.3 Medições e Estimativas da Evapotranspiração.....	13
2.3.1 Considerações Gerais.....	13
2.3.2 Medições da Evapotranspiração.....	14
2.3.3 Estimativa da Evapotranspiração	15
a) Método FAO Penman-Monteith.....	16
b) Método do Balanço de Radiação/Energia.....	17
c) Método do Balanço de Energia Baseado na Razão de Bowen.....	19
2.3.4 Coeficiente de Cultivo (Kc).....	22

2.4	Análise de Crescimento e Desenvolvimento.....	23
2.4.1	Variáveis de Crescimento.....	23
2.4.2	Variáveis de Rendimento.....	26
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Características Gerais e Localização da Área Experimental.....	29
3.2	Clima.....	29
3.3	Características do Solo e da Água de Irrigação.....	30
3.4	Sistema de Produção Utilizado.....	32
3.5	Parcela Experimental.....	34
3.6	Manejo da Irrigação.....	34
3.6.1	Irrigações no Evapotranspirômetro e a Irrigação na Parcela Total.....	34
3.7	Instrumentação.....	36
3.8	Sistemática das Observações.....	39
3.9	Balanço de Radiação.....	41
3.9.1	Obtenção do Albedo (τ).....	42
3.10	Balanço de Energia.....	42
3.11	Evapotranspiração de Referência	44
3.12	Coeficiente de Cultivo (K_c).....	44
3.13	Análise de Crescimento, Índices Fisiológicos e Fenológicos.....	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Condições Meteorológicas Durante os Trabalhos de Campo.....	47
4.4	Caracterização Agronômica do Cultivo.....	53
4.3	Balanço de Radiação.....	56
4.4	Balanço de Energia Baseado na Razão de Bowen.....	60

4.4.1	Comportamento dos Componentes do Balanço de Energia para Dias Selecionados de Cada Estágio de Desenvolvimento do Abacaxizeiro.....	60
4.5	Necessidades Hídricas do Abacaxizeiro.....	75
4.5.1	Evapotranspiração (ETc) e Coeficiente do Cultivo (Kc) do Abacaxizeiro...	75
4.5.2	Evapotranspiração de Referência (ETo).....	77
4.6	Comportamento da Razão de Bowen.....	80
4.7	Análise de Crescimento.....	88
4.7.1	Altura de Plantas.....	88
4.7.2	Diâmetro da Planta, Comprimento e Diâmetro do Caule.....	88
4.7.3	Número de Folhas.....	90
4.7.4	Pedúnculo, Inflorescência/Fruto e Filhotes.....	91
4.7.5	Análise de Fitomassa.....	95
4.7.6	Área Foliar.....	103
4.7.7	Índice de Área Foliar	103
4.7.8	Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL).....	105
4.7.9	Aspectos Qualitativos do Fruto.....	108
5	CONCLUSÕES	109
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
3.1	Município de localização da área experimental (Santa Rita – PB)... 30
3.2	Indução floral do abacaxizeiro..... 34
3.3	Localização da torre micrometeorológica (1), evapotranspirômetro (2), tanque de drenagem (3), pluviômetro (4), subparcela para medições (5). Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 35
3.4	Vista parcial da área experimental com a distribuição do instrumental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.. 37
3.5	Vista detalhada da torre micrometeorológica, com destaque ao psicrômetro. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.... 38
3.6	Abrigo meteorológico com “datallogger” e sonda para medição de temperatura e umidade relativa do ar. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 38
3.7	Volume de controle no cultivo do abacaxi, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 42
4.1.a	Comportamento da temperatura do ar (mínima, máxima e média) durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002..... 49
4.1.b	Comportamento da umidade relativa do a ar (mínima, máxima e média) durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002..... 49
4.1.c	Comportamento da velocidade do vento durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002..... 50
4.1.d	Comportamento da radiação solar (global), durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002..... 50
4.2.a	Plantas em estágio inicial: 23/03/2001 a 18/05/2001 = 56 dias..... 53
4.2.b	Plantas em estágio de crescimento vegetativo pleno: 19/05/2001 a 25/01/2002 = 252 dias..... 54
4.2.c	Plantas em estágio de florescência: 26/01/2002 a 08/03/2002 = 42 dias, e queda de flores: 09/03/2002 a 04/04/2002 = 27 dias..... 54
4.2.d	Plantas em estágio de formação do fruto: 05/04/2002 a 18/06/2002 = 75 dias..... 55
4.2.e	Plantas em estágio de colheita: maior que 18/06/2002..... 55
4.3.a	Comportamento dos componentes do balanço de radiação, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 58
4.3.b	Comportamento dos componentes do balanço de radiação, com médias semanais, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 58
4.3.c	Comportamento do albedo para média de 7 dias, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002..... 59
4.3.d	Comportamento médio diário do albedo horário, durante todo o

	ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	59
4.4.a	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de crescimento vegetativo, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	64
4.4.b	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de crescimento vegetativo, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	64
4.4.c	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de florescência/queda de flores, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	65
4.4.d	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de florescência/queda de flores, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	65
4.4.e	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de formação do fruto, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	66
4.4.f	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de formação do fruto, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	66
4.4.g	Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de colheita, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	67
4.4.h	Comportamento dos valores médios instantâneos dos componentes do balanço de energia para todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	67
4.4.i	Comportamento médio para 7 dias que antecederam ao Tratamento da Indução Floral (TIF), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	74
4.4.j	Comportamento médio para 7 dias que sucederam ao Tratamento da Indução Floral (TIF), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	74
4.5.a	Comportamento da evapotranspiração do abacaxizeiro, cv. Pérola, em mm.dia^{-1} , para média semanal, durante todas as fases do cultivo. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	78
4.5.b	Comportamento do coeficiente do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, para média semanal, durante todas as fases do cultivo. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002	78
4.5.c	Comportamento da evapotranspiração de referência, para média semanal, durante o período de medições com o cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB.	

	2001/2002.....	79
4.6.a	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de crescimento vegetativo, em condições de média nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	82
4.6.b	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de crescimento vegetativo, em condições de baixa nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	82
4.6.c	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de Florescência/Queda de flores, em condições de média nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	83
4.6.d	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de Florescência/Queda de flores, em condições de baixa nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	83
4.6.e	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de Formação do fruto, em condições de média nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	84
4.6.f	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de Formação do fruto, em condições de baixa nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	84
4.6.g	Comportamento diário da razão de Bowen, durante a fase de Formação do fruto, em condições de média nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	85
4.6.h	Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de crescimento vegetativo, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	85
4.6.i	Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de florescência/Queda e flores, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	86
4.6.j	Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de Formação do fruto, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	86
4.6.l	Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de Colheita, no cultivo do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	87
4.6.m	Comportamento da razão de Bowen durante todo o ciclo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB, 2001/2002.....	87
4.7.a	Altura do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento da estação de cultivo. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB, 2001/2002.....	89
4.7.b	Diâmetro da planta, diâmetro e comprimento do caule da planta,	

	durante as fases de crescimento e desenvolvimento do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	90
4.7.c	Número de folhas durante as fases de crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	92
4.7.d	Altura de inserção do fruto, comprimento do pedúnculo e diâmetro do pedúnculo na fase de desenvolvimento do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	93
4.7.e	Comprimento do fruto com coroa da parcela experimental (Cfc/PE), comprimento do fruto sem coroa da parcela experimental (Cfs/PE), comprimento da coroa da parcela experimental (CcPE), comprimento do fruto com coroa do lisímetro (Cfc/L), comprimento do fruto sem coroa do lisímetro (Cfs/L) comprimento da coroa do lisímetro (CcL), diâmetro do fruto da parcela experimental (DfPE) e diâmetro do fruto do lisímetro (DfL).....	93
4.7.f	Peso verde do fruto com coroa da parcela experimental (PvFc/C/PE), peso seco do fruto com coroa da parcela experimental (PsFc/C/PE), peso verde do fruto sem coroa da parcela experimental (PvFs/C/PE), peso seco do fruto sem coroa da parcela experimental (PsFs/C/PE), peso verde do fruto com coroa do lisímetro (PvFc/C/Lmto), peso seco do fruto com coroa do lisímetro (PsFc/C/Lmto), Peso verde do fruto sem coroa do lisímetro (PvFs/C/Lmto), peso seco do fruto sem coroa do lisímetro (PsFs/C/Lmto), peso verde da coroa do fruto da parcela experimental (PvC/PE), peso seco da coroa do fruto da parcela experimental (PsC/PE), peso verde da coroa do fruto do lisímetro (PvC/Lmto) e peso seco da coroa do fruto do lisímetro (PsC/Lmto)	95
4.7.g	Fitomassa Fresca Total (FFT) e Fitomassa Seca Total (FFT), durante toda a estação de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB, 2001/2002.....	98
4.7.h	Fitomassa Fresca Total (FFT) versus Fitomassa Seca Total (FFT), durante toda a estação de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante o período de 56 DAP a 448 DAP. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	99
4.7.i	Porcentagem da Fitomassa Seca (FS) dos órgãos da planta do abacaxizeiro, cv. Pérola, obtidos durante a estação de cultivo. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	99
4.7.j	Fitomassa Seca Total (FST) do caule e da folha do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante toda a estação do cultivo. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	100
4.7.k	Fitomassa Fresca e Fitomassa Seca do pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes do abacaxizeiro durante a fase de produção. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	100
4.7.l	Área foliar do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim. Santa	

	Rita, PB. 2001/2002.....	104
4.7.m	Índice de área foliar (IAF) do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante toda fase de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	105
4.7.n	Taxa de crescimento absoluto (TCA) do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	106
4.7.o	Taxa de crescimento relativo (TCR) do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	107
4.7.p	Taxa de assimilação líquida (TAL) do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante toda as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim. Santa Rita, PB. 2001/2002.....	107

LISTA DE TABELAS

	Pág.
4.4.a Valores de algumas variáveis atmosféricas para dias típicos do balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	68
4.4.b Quantificação dos componentes do balanço de energia em dias específicos e durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	70
4.4.c Partição dos componentes do Balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	71
4.4.d Horários específicos por fase do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, em que os componentes do balanço de energia alcançaram os maiores valores. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.	72
4.4.e Valores da média semanal dos componentes do balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola em dias que antecederam e que sucederam ao Tratamento da Indução Floral (TIF). Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	75

LISTA DE QUADROS

	Pág.
2.1 Ciclo natural do abacaxizeiro em número de dias, cv. Pérola, no Estado do Rio de Janeiro RJ	6
3.1 Características físicas do solo da área experimental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	31
3.2 Resultado analítico de algumas características químicas do solo da área experimental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	31
3.3 Resultado da análise de água de irrigação coletada em poço amazonas, na área experimental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	32
3.4 Relação dos instrumentos que foram utilizados para medições das variáveis meteorológicas e especificações. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	40
4.1.a Valores diários médios das variáveis meteorológicas, para cada fase do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 201/2002	51
4.1.b Dias em que ocorreram as observações meteorológicas, durante o experimento com o cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	52
4.1.c Dias em que ocorreram as precipitações pluviométricas ou irrigações (mm), durante o experimento com o cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002	52
4.7.1 Características dos dados provenientes da última coleta de plantas para análise, com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.....	101
4.7.2 Dados comparativos de abacaxizeiros provenientes de alguns municípios brasileiros. Adaptado de Carvalho et al (2001)	102

RESUMO

O Estado da Paraíba é um tradicional produtor de abacaxi, onde os frutos dessa Bromeliácea, destacam-se pela qualidade e sabor, sendo isso atribuído às favoráveis condições edafoclimáticas. O abacaxizeiro em condições de bom suprimento hídrico, altera o seu consumo em comparação ao cultivo de sequeiro. Alterando o consumo hídrico, altera-se o crescimento, desenvolvimento e rendimento. Conseqüentemente, para um melhor manejo do cultivo e racionalização no uso da água é necessário conhecer as necessidades hídricas do cultivo. Com esse objetivo, um experimento de campo foi conduzido no município de Santa Rita, PB, durante o período de março de 2001 a junho de 2002 em uma área irrigada por aspersão de 0,80 ha cultivada com abacaxi (*Ananas comosus* (L) Merrill), cv. Pérola, plantadas no espaçamento de 0,80 m entre fileiras por 0,25 m entre plantas. Na área experimental foram instaladas duas minitorres micrometeorológica: uma torre 1, contendo sensores de saldo de radiação e radiação solar refletida, enquanto na torre 2, sensores de radiação solar global, temperatura de bulbo seco e úmido e velocidade do vento, sendo a temperatura e a velocidade do vento medidos em níveis de 0,2 m e 1,2 m acima da folhagem das plantas. No solo, sob as folhas, foram instalados placas de fluxo de calor no solo, na profundidade de 2 cm e um evapotranspirômetro conectado a um tanque de drenagem com dimensões, respectivamente, de: 1,80 m x 2,40 m x 1,0 m e 0,80 m x 1,20 m x 1,20 m. Os sinais analógicos dos radiômetros, psicrômetros, anemômetros e fluxímetros foram coletados por um sistema de aquisição de dados (*Datalogger* CR 10X) e serviram para elaboração do balanço de energia baseado na razão de Bowen. Ao longo do experimento foi detectado problema de manejo no uso do evapotranspirômetro, o que inviabilizou a obtenção da evapotranspiração do cultivo por essa técnica. A evapotranspiração de referência foi determinada pelo método FAO-Penman-Monteith. Nas investigações morfofisiológicas do cultivo, foram realizadas medições de altura e diâmetro de plantas, bem como da quantificação do número de folhas. A partir da fitomassa seca e área foliar, determinou-se as Taxas de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo, Índice de Área Foliar e Taxa de Assimilação Líquida. Foram ainda analisados, aspectos do rendimento e qualidade dos frutos. O saldo de radiação e radiação refletida representaram 63% e 14,28% da radiação global e a relação LE/Rn, em torno de 80%. Em relação a evapotranspiração do cultivo, a fase I, crescimento vegetativo foi dividida em duas sub-fases (I1 e I2) e seus valores corresponderam a 4,2 para sub-fase I1 e 4,5 para a sub-fase I2, enquanto para as demais fases, obteve-se 4,4 para a fase II, florescência/queda de flores; 3,8 para a fase de desenvolvimento do fruto, fase III e 3,5 para a fase de colheita, fase IV, todos em mm.dia⁻¹. Para todo o ciclo a ETc foi de 4,1 mm.dia⁻¹. O coeficiente de cultivo não foi constante, razão por que se recomenda cautela na aplicação desse índice; entretanto, valores estimados de 0,7, nos primeiros 140 dias, podem ser utilizados, e em função dos valores determinados, um valor médio para o restante do ciclo de 0,9, representa melhor essa avaliação. As variáveis de crescimento foram compatíveis com o descrito na literatura. O peso do fruto considerado de primeira esteve acima de 1,7 Kg, com rendimento de 60% do total colhido (57.000 Kg), 1,3 Kg a 1,7 Kg, para frutos de segunda, com 30% de rendimento e 10% restante considerado para indústria de sucos e rações.

Palavras – chave: necessidades hídricas do abacaxizeiro, coeficiente de cultivo, análise de crescimento e desenvolvimento de plantas, balanço de energia, Cultivo do Abacaxi.

ABSTRACT

The Paraíba State is a traditional producer of pineapple crop, which fruits are outstanding by their quality and flavor due to its favourable soil and climatic conditions. The pineapple crop, with good water supply, change its water consumption as compared to the rain-fed crop. So that, for a better crop management and rational use of water it is necessary to know the water requirements of the crop. With this objective, an field experiment was conducted in the rural area of Santa Rita-PB during the period from March, 2001 to June, 2002, in an irrigated area of 0.80 ha grown with pineapple (*Ananas comosus* (L) Merrill), cv. Pérola crop, planted in a spacing of 0,80 m between rows by 0.25 m between plants. Two micrometeorological towers were installed in the experimental area: one with sensors of net radiation and reflected solar radiation and another with sensors of global solar radiation, dry and wet bulbs temperatures and wind velocity at two levels: 0.2 m and 1.2 m above crop canopy. In the soil, under the leaves, a soil heat flux plate was installed at 0.02 m depth and an evapotranspirometer was connected to a drainage tank with 1.80 m x 2.40 m x 1.0 m and 0.80 m x 1.20 m x 1.20 m volumes, respectively. The analogical signals of the radiometers, psychrometers, anemometers and fluxmeters were collected by a data acquisition system (Data Logger CR 10X) and were used for the determination of the Bowen ratio energy balance. Throughout the field experiment, it was detected problem with the management and use of the evapotranspirometer, what made impossible the measurements of evapotranspiration by this technique. The reference evapotranspiration was determined by the FAO (Penman-Monteith) method. As crop morpho-physiological variables, the plant diameter and height and number of leaves were measured. Based on dry-matter and leaf area, relative and absolute growth rates, leaf area index and net assimilation rate were determined. Also, yield aspect and fruit quality were analyzed. The net radiation and reflected solar radiation were 63% and 14% of the global solar radiation while the latent heat flux (LE) was 80% of the net radiation. In terms of crop evapotranspiration (ETp), the phase I (crop growth) was divided into two sub-phases (I1 and I2) with ETp values of 4.2 mm.d⁻¹ and 4.5 mm.d⁻¹, respectively while, for the other phases, were obtained the following values of ETp: 4.4 for the phase II (flowering/flowers fall), 3.8 for phase III (fruit development) and 3.5 for phase IV (fruit harvest). For the whole crop cycle, the mean value of ETc was 4.1 mm.d⁻¹. The crop coefficient (Kc) was not constant throughout the crop cycle, so that the use of this index should be made with restrictions. However, for the first 140 days after planting ETp = 0.7 while for rest of the crop cycle a value of ETp = 0,9 may be used. The growth variables were compared to those described in the literature. The fruits considered as first class had weights above 1.7 Kg, corresponding to 60% of the total harvested fruits (57,000 Kg). The fruits considered as of second and third classes had weights between 1.3 Kg and 1.7 Kg (30% of the total fruits harvested) and bellow 1.3 Kg (10% of the total fruits production, which were considered to be used in the industries of juices and animal rations.

Key- words: Pineapple crop water requirements, crop coefficient, plants growth and development analysis, energy balance, Pineapple crop.

1 - INTRODUÇÃO

A população mundial alcançou, no ano de 2001, aproximadamente seis bilhões de pessoas, exigindo dos países produtores de alimentos melhorias no setor da agropecuária para fazer face à demanda populacional. Em função da amplitude territorial, o Brasil é um País com enorme potencial para produzir alimentos, tendo na fruticultura, uma atividade agrícola que colabora substancialmente para atender às demandas alimentícias e, conseqüentemente, as necessidades nutricionais da população.

Em relação às demais regiões do Brasil, as condições climáticas do semi-árido nordestino, em especial às demandas de energia solar, apresentam aspectos muito favoráveis ao cultivo de diversas culturas, especialmente do abacaxizeiro. Entretanto, oferece restrições quanto à disponibilidade hídrica de origem pluvial, em função de sua variabilidade espacial e temporal. Neste sentido, a prática da irrigação é indispensável para garantir e/ou otimizar a produção agrícola ficando cada vez mais evidenciada a necessidade da combinação correta dos diversos fatores que possibilitem entender as relações de solo-água-planta-atmosfera no contexto atual da agricultura irrigada. De acordo com Azevêdo et al. (1993), as necessidades hídricas das culturas têm sido estabelecidas, através do coeficiente de cultivo (K_c), definido originalmente como a razão entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) e a evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o), correspondente à demanda atmosférica. A ET_c pode ser medida através de lisímetro ou estimada através do balanço de energia e modelos micrometeorológicos sobre a cultura, enquanto que a ET_o é usualmente estimada através de equações, na

maioria das vezes empíricas, e dados coletados em estações meteorológicas convencionais ou automáticas.

No estudo da fisiologia de comunidades vegetais, a análise de crescimento se apresenta como uma técnica válida para estudar as bases fisiológicas da produção e evidenciar as influências exercidas pelas variáveis ambientais, genéticas e agronômicas (Watson, 1952; Reinhardt & Medina 1992).

O abacaxi, fruto-símbolo da região tropical, é bastante apreciado em todo o mundo por suas qualidades organolépticas (Cunha & Cabral, 1999). Segundo Chalfoun (1998), o Brasil destaca-se como um dos três maiores países produtores mundiais de abacaxi, sendo o país do continente da América do Sul com maior produção.

Os tabuleiros costeiros do Estado da Paraíba são áreas tradicionalmente ocupadas com o cultivo da cana-de-açúcar. Entretanto, consórcios, intercalações ou formação de cultivos solteiros com a cultura do abacaxi, vêm alterando o panorama agrícola daquelas áreas e, embora o cultivo do abacaxizeiro venha a ser explorado com unidades agronômicas satisfatórias em nível de sequeiro, a implementação da irrigação, conjuntamente com pesquisas agrometeorológicas, necessitam ser incorporadas ao sistema produtivo da abacaxicultura.

Historicamente, nos tabuleiros costeiros da Paraíba a precipitação pluvial anual ultrapassa 1.300 mm; porém, em alguns meses do ano (principalmente nos meses de setembro a dezembro), a ausência, redução ou irregularidade das chuvas podem ocasionar atraso em algumas fases do desenvolvimento do abacaxizeiro, o que pode vir a acarretar redução na produtividade.

Nestas circunstâncias, indaga-se sobre o por quê de irrigar o abacaxizeiro. Os mecanismos morfológicos e fisiológicos do abacaxizeiro lhe permitem um uso eficiente de água, mesmo a do orvalho, e uma baixa taxa de transpiração, qual seja: 0,3 a 0,5 mg de água/cm² de folha/hora, (Py et al, 1984; Almeida, 1995); no entanto, não asseguram uma boa produtividade à cultura quando a disponibilidade de água é limitada (Almeida, 1995).

De outra forma, naquelas áreas onde se torna possível utilizar a água de irrigação, a mesma não tem sido aplicada corretamente. A escolha e o uso inadequado de sistemas, métodos e manejo, não tem permitido melhoria dos resultados na renda desses produtores, face, especialmente, ao desconhecimento das reais necessidades hídricas do cultivo do abacaxizeiro.

Pela importância que o cultivo do abacaxizeiro representa para o Estado da Paraíba, na produção de frutas para consumo *in-natura*, ou mesmo para a industrialização, torna-se necessário a determinação das necessidades hídricas desse cultivo através de metodologias confiáveis. O método do balanço de energia baseado na razão de Bowen (BERB) é um dos métodos micrometeorológicos mais confiáveis para a determinação da evapotranspiração de cultivos (ETc), e nesse sentido a sua adoção para tal finalidade, quando disponíveis os meios para tanto, se faz muito oportuna.

Face ao exposto, sabendo-se que a prática da irrigação é pouco usada em plantios de abacaxi no Brasil, em especial, no Estado da Paraíba, e que a presente pesquisa é pioneira nesta região pela metodologia apresentada, este trabalho teve como objetivo identificar as necessidades hídricas do abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L) Merrill), cultivar Pérola, e analisar aspectos da morfologia, fenologia, qualidade dos frutos nos tabuleiros de Santa Rita, PB.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Características Gerais do Cultivo do Abacaxizeiro

O abacaxizeiro é cultivado desde a região central da América Central até países do Sul da América do Sul, como a Argentina e o Paraguai. De acordo com Cunha e Cabral (1999), o Brasil é provavelmente, o país de origem do abacaxi. Sendo assim, seu plantio é considerado um cultivo tipicamente tropical, onde o fruto abacaxi, desde os tempos da colonização brasileira, se tornou conhecido e bastante apreciado por seu sabor refrescante, sendo consumido na forma de geléias, compotas, doces, sucos, sorvetes ou na forma *in-natura*. Apresenta-se, também, como importante fonte nutritiva e aspectos medicinais. O fruto contém carbono, proteínas, gorduras e água. É importante fonte de cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, ferro, cloro e enxofre, além de vitamina C, e possui igualmente vitaminas A, B₁, B₂ e B₅. Além do mais, contém uma enzima proteolítica (bromelina), de largo uso na indústria farmacêutica, cervejaria e curtume (Choairy, 1985).

Terras adequadas e clima propício são os principais fatores que fizeram com que o plantio do abacaxi se desenvolvesse tão bem na Paraíba, a partir da década de 30, quando foi implantado na região (Choairy, 1978). Segundo Bosco et al. (1999), a cultura do abacaxi é bastante difundida na mesorregião da Mata Paraibana e em alguns municípios da Microrregião de Guarabira, com efetiva participação na sócio-economia regional, pela absorção da mão-de-obra não qualificada e pela arrecadação de tributos. Hoje, no município de Santa Rita – PB, em áreas conhecidas como “tabuleiros”, é comum observar-

se um eventual incremento de áreas plantadas com abacaxizeiro, em associação às áreas plantadas com cana-de-açúcar.

O Estado da Paraíba é tradicional fornecedor de frutos, bem como de mudas para os outros estados brasileiros, através de produtores selecionados que adotam tecnologias tanto em agricultura de sequeiro quanto nas áreas irrigadas, de bom nível empresarial, condição que o destaca como um dos maiores produtores nacionais e o de melhor qualidade (Barreiro Neto, et al., 1998).

O Estado de Minas Gerais ocupou, no período 1995-1997, a liderança nacional em relação à área e ao volume de produção cabendo, entretanto, ao estado da Paraíba, os melhores índices de produtividade. Em 1997, Minas Gerais obteve, para uma área cultivada de 12.825 ha, uma produção de 310.284 mil frutos, com rendimento de 24.191 frutos/ha. Para o mesmo ano e uma área plantada de 7.290 ha, a Paraíba produziu 216.750 mil frutos com rendimento de 29.733 frutos/ha (Paiva e Resende, 1998).

De acordo com a sua taxonomia, o abacaxizeiro é uma planta monocotiledônea, herbácea, perene, da família Bromeliácea, cujas espécies podem ser divididas em dois grupos distintos, em relação aos seus hábitos: as epífitas, que crescem sobre outras plantas, e as terrestres, que crescem no solo às expensas de suas próprias raízes. Os abacaxis pertencem ao segundo grupo, mais precisamente aos gêneros *Ananas* e *Pseudananas*. O gênero *Ananas* é o mais importante da família Bromeliácea, pois nele estão incluídos os abacaxis (*Ananas comosus* (L) Merrill) e outras espécies que são utilizadas para produção de fibra ou ornamentação (Py et al., 1984).

Morfologicamente, o abacaxizeiro constitui-se de um caule (talo) curto e grosso, circundado por folhas em forma de canaletas, estreitas e rígidas, ao qual acham-se inseridas, também, raízes auxiliares. Seu sistema radicular fasciculado superficial e fibroso é encontrado, geralmente, a uma profundidade de 0 – 30 cm do solo. Uma planta adulta mede de 1,00 m a 1,20 m de altura e entre 1,30 m e 1,50 m de diâmetro (Cunha & Cabral, 1999).

De acordo com Reinhardt (2000), o ciclo do abacaxizeiro é dividido em três fases: a vegetativa, a reprodutiva e a de formação de mudas. Enquanto a primeira é bem distinta, terminando com o início da diferenciação floral ou o tratamento artificial de indução floral (TIF), as duas outras se sobrepõem por um longo período. A partir do fechamento das últimas flores, que ocorre cerca de 90 dias após o TIF, até a colheita dos

frutos, que normalmente acontece a partir de 155 a 170 dias após o TIF, há o desenvolvimento simultâneo do fruto e das mudas do tipo filhote.

Com o propósito de caracterizar as diversas fases componentes do ciclo natural de crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro, cv. Pérola, cultivado em áreas arenosas do município de Itaguaí, Rio de Janeiro - RJ, Gadelha et al. (1980), conduziram 2 experimentos: um para a fase de enraizamento e, o outro, para a fase de emissão de folhas. Concluíram que: a) para a fase de enraizamento, do 5º ao 10º dia após o plantio, ocorre turgimento da raiz; b) do 10º ao 15º dia após o plantio, manifesta-se o atravessamento das folhas basais pela raiz; c) a partir do 15º dia após o plantio, inicia-se o aparecimento das raízes adventícias; d) do 15º ao 20º dia após o plantio, ocorre a formação das raízes secundárias. No Quadro (2.1), encontram-se os dados do experimento 2, que permitiu definir as fases evolutivas do ciclo natural do sistema aéreo da cv. Pérola, dimensionando-a no tempo.

Quadro 2.1 - Ciclo natural do abacaxizeiro em número de dias, cv. Pérola, no estado do Rio de Janeiro - RJ

Ciclo natural	Intervalo de variação da média	Coefficiente de variação
Plantio - aparecimento da inflorescência	466,8 ± 0,984	1,6
Aparecimento da inflorescência - 1ª flor	23,4 ± 0,42	12,4
Primeira flor - última flor	19,9 ± 0,310	11,6
Plantio - primeira flor	491,5 ± 1,00	1,5
Primeira flor - colheita	122,6 ± 0,33	4,1
Última flor - colheita	144,3 ± 0,350	5,5
Plantio - colheita	612,1 ± 1,05	1,3

Adaptado de Gadelha et al. (1980)

O abacaxizeiro pode crescer numa ampla faixa de solos. Porém, são preferíveis os de textura franco - arenosa. O pH ótimo do solo varia de 4,5 a 6,5. Para uma produção elevada, as necessidades de fertilizantes são de 230 a 300 Kg/ha de N, 45 a 65 Kg/ha de P e 110 a 220 Kg/ha K (Doorenbos & Kassan, 1994). Para Souza (1999), solos de textura média (15% a 35% de argila e mais de 15% de areia), sem impedimentos a uma livre drenagem do excesso de água, são os mais indicados para essa cultura. Os solos de

textura arenosa (até 15% de argila e mais de 70% de areia), que geralmente não apresentam problemas de encharcamento, são também recomendados para a abacaxicultura, requerendo quase sempre práticas de manejo agrícola que melhorem sua capacidade de retenção de água e de nutrientes.

Segundo Choairy (1978), na Paraíba predomina o plantio de duas cultivares: o Pérola ou Branco de Pernambuco e a Jupy. Para Barreiro Neto, et al. (1998) produtores com maiores níveis tecnológicos, plantam a variedade Smooth Cayenne. O seu plantio geralmente é efetuado através de mudas previamente tratadas, com espaçamentos dos mais diversos. Para a variedade Pérola os espaçamentos de 1,20 m x 0,30 m e 0,80 m x 0,30 m, são os mais explorados (Giacomelli & Py, 1981).

Mitchell & Nicholson (1965) verificaram que espaçamentos condensados dentro das fileiras, variando de 0,25 a 0,30 m entre plantas e mantendo constantes as outras medidas, aumentam a produção por área porém, retardam o desenvolvimento vegetativo das plantas e reduzem o peso médio dos frutos.

Gadelha & Vasconcelos (1977), estudando a influência do tamanho e peso das mudas tipo filhote no desenvolvimento da planta e qualidade do fruto do abacaxi cultivar Pérola, concluíram que as plantas de mudas com 50 cm a 55 cm de comprimento e 185 g a 200 g de peso, evidenciaram-se como as melhores para os parâmetros altura da planta, número de folhas, peso do fruto, tamanho da coroa, número de filhotes, altura do escapo, diâmetro do escapo, tamanho do fruto, diâmetro da medula, peso da coroa, diâmetro do fruto e maior precocidade no período do plantio à floração, com média de 534 dias.

De acordo com os aspectos morfofisiológicos do abacaxizeiro, Almeida & Reinhardt (1999) descrevem que esta Bromeliácea é tida como uma planta com redução da carga térmica sobre as folhas em virtude da alta reflexão da superfície inferior das folhas, resultante da presença dos tricomas (pelos de cor prateada). Além disso, a distribuição espacial e o porte ereto das folhas permitem, respectivamente, uma ventilação adequada e uma redução no ângulo de incidência dos raios solares. Ainda segundo os autores, a transpiração é minimizada pelo revestimento da epiderme foliar por uma cutícula espessa, pelo fechamento dos estômatos durante grande parte do dia, pela baixa densidade estomática e pela localização dos estômatos ao longo de sulcos pequenos e paralelos protegidos por tricomas, na face inferior (abaxial) das folhas.

Awad & Castro (1983) citam que as folhas de plantas típicas com Metabolismo do Ácido Crassuláceo – MAC, caso do abacaxi (*Ananas comosus*) e dos cactos, em ambientes áridos, abrem os estômatos durante a noite para permitir a entrada de CO₂ e os fecham durante o dia, para limitar a transpiração. Também suas raízes perdem seus pelos absorventes durante o período da seca para evitar a passagem de água das raízes para o solo. Em condições de abundância de água no solo, os estômatos dessas plantas ficam abertos durante o dia. Nesse caso, certas plantas que apresentam o MAC podem deixar de utilizar a via metabólica 4C na fixação inicial do CO₂ atmosférico diretamente pela via 3C (Ciclo de Calvin). Ainda de acordo com os autores acima, em climas áridos, as plantas com metabolismo MAC apresentam alta relação entre as quantidades de CO₂ fixado e de eficiência do uso da água. Quando essas plantas são irrigadas e abrem seus estômatos durante o dia, essa relação se torna menor e comparável às das plantas do tipo 3C.

As plantas com características de MAC, em geral, apresentam baixa produtividade; entretanto, os efeitos simultâneos de ótimas condições de água, temperatura do ar, luz e CO₂ líquido, podem elevar consideravelmente os rendimentos dessa espécie. Este é o caso específico do abacaxi (*Ananas comosus*) (Bartholomew e Kadzimin, 1997).

Para Cunha (1999), o abacaxizeiro pode ser cultivado numa ampla faixa de condições climáticas e edáficas, o que explica sua vasta distribuição em regiões tropicais. O abacaxizeiro requer temperaturas médias diárias em torno de 32°C, podendo suportar até 40°C. Acima desse limite ocorrerão diversos problemas com a cultura. Em ambiente com temperatura abaixo de 15°C ocorre decréscimo rápido de crescimento e para ter-se boa qualidade do fruto, temperatura em torno dos 25°C é considerada propícia (Py & Tisseau, 1965; Neild & Boshell, 1976).

Relatos feitos por Pinon (1978), considerando a cultivar Smooth Cayenne, em regiões quentes e úmidas, próximas do equador, indicam que a massa foliar é exuberante, as folhas são numerosas, largas e flácidas, e a produção de mudas baseia-se quase que exclusivamente nos rebentões. Em regiões onde a temperatura é baixa, o crescimento é mais lento, as folhas são retas, rígidas, pequenas e pouco numerosas, e a produção de mudas tipo filhote é abundante. Para a cultivar Pérola, não foram encontrados relatos na literatura consultada que possibilitassem afirmações sobre esses aspectos.

A temperatura do substrato tem grande influência no crescimento do abacaxizeiro. Estudos conduzidos no Havaí, obtidos em solução nutritiva, mostraram

aumento do peso fresco da planta com aumento da temperatura no meio de enraizamento, o qual foi mais pronunciado quando a temperatura variou de 20°C para 25°C. A percentagem de matéria seca das folhas decresceu de 16,5% a 15°C para 12,5% a 30°C (Bartholomew & Kadzimin, 1997; Cunha, 1999).

Cunha (1999), afirma ainda que a umidade relativa representa grande importância para a cultura do abacaxi, pois a exemplo do que ocorre em outras culturas, mudanças súbitas poderão causar problema de fendilhamento, não apenas na inflorescência, mas também no fruto, o que o deprecia comercialmente. Nos relatos de Carvalho et al. (2001), a umidade relativa do ar ideal para a abacaxicultura situa-se em torno de 70%, podendo o abacaxizeiro ainda suportar variações moderadas, desde que a cultura não seja implementada em áreas cuja umidade relativa do ar atinja índices inferiores a 50%, pois tais índices são capazes de provocar fendilhamento e rachaduras em frutos durante a fase de maturação. Por outro lado, áreas com longos períodos de alta umidade relativa do ar tornam-se indesejáveis por favorecerem altas incidências de doenças fúngicas e bacterianas.

Continuando, esses autores, ainda relatam que, a influência da luminosidade sobre a abacaxicultura é observada sobre o desenvolvimento da planta e sobre a qualidade do fruto, semelhantemente ao que ocorre com o efeito da temperatura, isto é, quanto maiores a temperatura e a luminosidade, melhores serão tanto o crescimento vegetativo do abacaxizeiro, como também a composição química, o aroma e a coloração do fruto. Afirmam, também, que a quantidade ideal de iluminação para a cultura do abacaxi situa-se entre 2.500 a 3.000 horas/ano. Quando em excesso, a luminosidade pode provocar lesões nos frutos conhecidas por queima solar ou escaldadura, depreciando-os comercialmente.

Entretanto, Bartholomew e Malézieux (1994) consideram que não existe consenso entre os pesquisadores no que se refere à interferência da radiação solar sobre o cultivo do abacaxi, devido ao longo ciclo da cultura. Fatores intrínsecos e extrínsecos podem motivar interpretações errôneas, especialmente quando associadas à temperatura. Porém, para qualquer vegetal, a radiação solar é fonte de energia para desencadear os processos metabólicos – via fotossíntese dos assimilados das plantas, especialmente no abacaxizeiro. Com relação à produtividade em áreas plantadas com abacaxi, Sanford (1962) relata uma redução de 10% para cada 20% no decréscimo de radiação solar. Shiroma (1973), estudando a cultivar Smooth Cayenne em Okinawa, Japão, concluiu que a

radiação solar pode ser limitante a esse cultivo. Entretanto, suas afirmações foram baseadas em valores médios de dias nublados com reduzida radiação solar.

Py (1968) observa que em áreas de baixa pluviosidade, uma alta umidade relativa melhora o crescimento das plantas em virtude da captação da água condensada pelas folhas. Porém, quando ocorre déficit de umidade na fase inicial de crescimento da planta, ocorre um atraso no seu desenvolvimento, podendo retardar a indução floral artificial.

Os aspectos visuais do fruto são por demais considerados na comercialização em nível de consumidor. É ele que avalia e delimita o que pode e o que deve ser produzido. Informações sobre o procedimento da escolha de padronagem e características gerais de colocação do produto no mercado, podem ser encontrados em Fruti Fatos (2002).

2.2 - Aspectos da Irrigação, Influência e Quantidade de Água no Cultivo do Abacaxizeiro

Para Carvalho (1998), o abacaxizeiro apresenta estádios de desenvolvimento bem distintos e suas necessidades hídricas são regidas da seguinte forma:

- a) do plantio ao segundo mês: é necessário umidade elevada e constante, a fim de permitir o desenvolvimento das raízes e uma boa pega das mudas. Nessa fase a planta não tolera variação de umidade, uma vez que as raízes estão muito próximas da superfície do solo e morrem rapidamente com a seca;
- b) do terceiro ao quinto mês: as necessidades hídricas da planta são crescentes, por causa da emissão e desenvolvimento das raízes e das folhas. No entanto, pelo fato do solo não estar totalmente coberto, ocorre altas taxas de evaporação, necessitando de irrigações constantes com lâminas mais elevadas;
- c) do sexto mês ao término da diferenciação floral (aproximadamente 50 dias após a indução): quando o desenvolvimento foliar é máximo e as necessidades hídricas das plantas são altas. Não é recomendável, nesse período, nem racionamento, nem excesso de água, uma vez que o crescimento ativo favorece um maior rendimento das plantas e frutos de melhor qualidade;
- d) da floração à colheita: nessa fase os frutos crescem e ganham forma em função do potencial inicial e do clima. A planta é tão sensível à falta quanto ao excesso de umidade, ocorrendo o pique de sensibilidade um mês antes da colheita;

- e) a fase propagativa (produção de mudas) ou segunda safra: seguir as indicações da letra “b”, logo após a colheita dos frutos até 60 dias após a indução floral, e letra “d”, do início da floração até à colheita dos frutos.

Para Choairy (1985), em regiões com estação seca prolongada, os prejuízos com o cultivo do abacaxizeiro podem ser superados através da irrigação. A irrigação deve ser efetuada, de preferência, na fase de maior atividade vegetativa da planta (do plantio à indução floral); quando praticada no período compreendido entre a formação da inflorescência e a colheita, aumenta significativamente a riqueza de açúcar, bem como favorece a podridão do fruto. O sistema de irrigação mais apropriado à cultura é por aspersão, pois a planta recolhe em sua base toda água que recebe. A irrigação tem a vantagem de diminuir o ciclo da cultura, podendo a indução floral ser efetuada com apenas 7 meses após plantio.

Cunha & d'Oliveira (1993), utilizando aspersão convencional no cultivo do abacaxi, cultivar Pérola, em região semi-árida e no espaçamento 0,90 m x 0,30 m, obtiveram na colheita, para frutos classificados como frutos em pequenos, médios e grandes, pesos de 703, 946 e 1.303 gramas com coroa. Valores semelhantes foram encontrados por Cunha & Rocha (1993), de 800 a 1.300 gramas, com a mesma cultivar e nas condições anteriores, em espaçamento de 0,80 m x 0,30 m e utilizando sistema de irrigação por aspersão.

Estudando níveis de umidade higroscópica em diferentes tipos de solos, Sideris & Kraus (1928) concluíram que a umidade do solo na faixa de 20% a 30% acima da umidade higroscópica foi adequada para o bom crescimento das plantas do abacaxizeiro. No entanto, para valores da umidade abaixo desse índice, observaram pouco crescimento da planta como um todo.

Um experimento com abacaxizeiro, plantado em saco preto de polietileno, visando estudar os níveis de irrigação em 0, 8, 16 e 24 mm de equivalência de precipitação com frequência diária, semanal e mensal, foi conduzido por Tay (1974), o qual observou parâmetros de crescimento e desenvolvimento como forma de resposta da cultura a estes níveis de irrigação. Com a lâmina de 8 mm, obteve melhor altura de plantas e melhoria da indução floral, enquanto a de 16 mm proporcionou um maior número de folhas. Tanto a seca quanto o encharcamento retardaram o florescimento natural, enquanto que o aumento na frequência de irrigação aumentou o florescimento. Com relação ao peso médio,

diâmetro e tamanho dos frutos, estes responderam significativamente à irrigação, sendo a melhor lâmina a de 8 mm, independente da frequência.

Segundo Carvalho (1998), irrigações bem manejadas na fase de frutificação contribuem para o ganho de peso médio dos frutos de 300 a 700 g. É recomendável suspender as irrigações em torno de 10 dias antes da colheita, para evitar queda de sólidos solúveis totais.

Estudando os efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada no crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro, Asoegwus (1987) concluiu que com irrigação a necessidade de adubo nitrogenado pode ser reduzida para a obtenção de produções semelhantes às aquelas que seriam obtidas com doses maiores de nitrogênio, em condições de sequeiro. Considerada a relação custo/benefício, a adubação de 150 kg de N/ha, associada com irrigação a cada sete dias para atender a 50% do uso consuntivo, descontada a precipitação efetiva, projetou-se como a mais atrativa.

Os trabalhos conduzidos na Guinéa por Py (1965) e em Taiwan por Huang & Lee (1969), têm demonstrado os efeitos favoráveis da aplicação da água no crescimento e desenvolvimento do abacaxi. Sob este aspecto, a demanda de água do abacaxizeiro está relacionada com o estágio de desenvolvimento da planta e com as condições de umidade do solo, podendo variar de 1,3 a 5,0 mm/dia ou de 60 a 120 mm/mês (Pinon, 1978; Medcalf, 1982; Combres, 1983; Py et al., 1984; Almeida, 1995), o que, para Le Roux (1951) e Medina (1987), boas safras possam ser obtidas abaixo de 660 mm, considera-se que 760 mm é o número para uma boa produção. Para Almeida (2002), a faixa ideal de precipitação ao cultivo do abacaxizeiro varia entre 1.000 e 1.500 mm/ano, sendo bem distribuído para que ocorra o sucesso do seu crescimento, necessitando, então, da irrigação onde estes valores não são alcançados.

Gangadhara Rao et al. (1974), estudando a influência de 4 regimes de umidade e 5 níveis de nitrogênio, na produção e qualidade do abacaxi, cultivar Kew, observaram que a variação no regime de umidade não tem influência na produção de frutos. Concluíram que o abacaxi pode tolerar até 80% de depleção de água no solo. Em contraste, altos regimes de umidade no solo, reduzem o conteúdo de sólidos totais.

Markose (1991) analisou algumas características fenológicas e produtivas no abacaxizeiro (cv. Kew), quando este foi irrigado no primeiro ano (6 meses depois do plantio) entre janeiro e abril nos seguintes intervalos: 7, 10, 20, 30 ou 45 dias, com cada planta recebendo 3 litros de água. A produtividade no turno de 10 dias atingiu 63,06 t/ha e,

índices como: altura de planta, comprimento e peso das folhas D, melhoraram consideravelmente sob condições dessa lâmina de irrigação. Na área não irrigada a produtividade foi 44,8 t/ha.

2.3 - Medições e Estimativas da Evapotranspiração

2.3.1 - Considerações Gerais

Trabalhos que relacionam o termo evapotranspiração têm sido objeto de numerosos estudos, desde a antiguidade até os dias atuais. Sedyama (1996) elaborou um minucioso estudo relacionando os aspectos históricos da evapotranspiração, concluindo que esta é de vital importância para o manejo dos recursos de água, estudos do meio ambiente e recursos da produção agrícola.

De acordo com Sentelhas (2001), em um solo bem suprido de água, a partição entre a evaporação do solo e a transpiração das plantas irá depender da radiação solar que atinge a superfície do solo, o que por sua vez depende da cobertura vegetal (espaçamento e área foliar). Quando a cobertura vegetal é pequena, a evapotranspiração se dá predominantemente pela evaporação da água do solo, porém, com o crescimento da cultura e a cobertura total do solo a transpiração passa a ser o processo predominante, conclui.

Segundo Doorenbos & Pruitt (1997), em áreas irrigadas, é preciso determinar as necessidades hídricas das culturas antes de se estabelecer o projeto de irrigação e como são difíceis e trabalhosos os procedimentos utilizados na avaliação direta do aproveitamento da água pelas culturas em condições de campo, foram desenvolvidos diversos métodos para a estimativa das necessidades hídricas das culturas.

Existem inúmeras metodologias para o cálculo da ET; porém, em muitas ocasiões os resultados obtidos não são confiáveis devido à falta de uma calibração local dos métodos utilizados (Jensen et al., 1990). Esta calibração é necessária devido aos métodos de cálculos só serem válidos em locais para os quais foram desenvolvidos.

Dentre as metodologias utilizadas para o cálculo das necessidades hídricas dos cultivos, a metodologia da Organização Mundial para a Agricultura e Alimentação (FAO), descrita no Caderno FAO de irrigação e drenagem nº 56 sob o título "Necessidades hídricas das culturas", de Allen et al. (1998), tem sido amplamente utilizada em todo o mundo por agrônomos, hidrólogos e especialistas em irrigação e é recomendada por inúmeras agências internacionais de desenvolvimento e institutos de pesquisa. Segundo os

autores, o êxito desta metodologia deve-se ao sentido prático e simples dos procedimentos utilizados e dos cálculos da ETc com lisímetro em distintas zonas geográficas e de diversas condições climáticas.

Para Tanner (1968), a evapotranspiração pode ser obtida por meio de três categorias de métodos: balanço hídrico, micrometeorológicos e empíricos. Burman et al. (1980), a subdividem em dois grupos: 1) medidas diretas, compreendendo os lisímetros e pelo balanço hídrico de campo que utiliza um volume de solo controlado e 2) medidas indiretas, representadas por equações empíricas, semi-empíricas, e evaporímetros para estimativa da evapotranspiração. Juan Valero & Olalla Mañas (1993) descrevem que a ET é medida de forma direta (sendo o método lisimétrico o principal) e indireta. De forma indireta descrevem os métodos micrometeorológicos (destacando-se o modelo do balanço de energia/ razão de Bowen e o método aerodinâmico combinado); o método do balanço hídrico no solo e os métodos fisiológicos.

A literatura sobre evapotranspiração é muito extensa e uma boa revisão sobre o tema pode ser encontrada em Rosenberg et al. (1983); Smith et al. (1991a e 1991b); Burman & Pochop (1994) e Rana & Katerje (2000).

2.3.2 - Medições da Evapotranspiração

Para Tanner (1968), os lisímetros são recomendados para avaliação precisa dos métodos micrometeorológicos e a calibração de fórmulas empíricas empregadas na estimativa da ETo. De acordo com Bernardo (1989), apesar da maior precisão conseguida com lisímetro de pesagem, flutuantes e hidráulicos, o lisímetro de percolação é mais utilizado em virtude da facilidade e do custo de construção. Entretanto, como o movimento de água no solo é um processo relativamente lento, os lisímetros de percolação somente têm precisão para períodos mais ou menos longo: semanal, quinzenal ou mensal.

Oad e Dispigno (1996), encontraram boa concordância entre os valores obtidos para pequenos lisímetro de pesagem hidráulica e os lisímetro de drenagem e, Silva et al. (1999) avaliaram três diferentes tipos de lisímetros (de pesagem, de drenagem e lisímetro de lençol freático constante), além de outros métodos para determinação da evapotranspiração de referência (ETo), para períodos em base diária e de cinco dias. Os resultados obtidos demonstraram que as medidas diárias da ETo, obtidas pelo lisímetro de pesagem, apresentaram uma boa concordância com os valores diários estimados pelo modelo Penman-Monteith. Tanto o lisímetro de drenagem como o lisímetro de lençol

freático constante, mostraram-se inviáveis para determinação de valores diários de ETo. A evapotranspiração total no período foi superestimada em 18% pelo lisímetro de drenagem e em 11% pelo lisímetro com lençol freático de nível constante.

2.3.3 - Estimativa da Evapotranspiração

Thornthwaite (1948) foi o primeiro a introduzir o termo evapotranspiração potencial, enquanto Penman (1956) o definiu como o processo de transferência de água para a atmosfera, por unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por uma vegetação rasteira, em pleno desenvolvimento vegetativo e sem restrições hídricas.

De acordo com Sentelhas (2001), evapotranspiração de referência, também denominada de potencial (ETP), é a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência (padrão), caracterizada com extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo ($IAF = 2,88$), cobrindo totalmente a superfície do solo e bem suprida de água. Segundo esse autor, esse conceito foi introduzido visando estudar a demanda evapotranspirativa da atmosfera independentemente do tipo de cultura, de seu desenvolvimento, de práticas de manejo e da disponibilidade de água no solo. Nessas condições, conclui: a ETo é variável dependente exclusivamente das condições meteorológicas, o que a torna também um elemento meteorológico, expressando, desse modo, o potencial de evapotranspiração de um local, em cada época do ano, sem levar em consideração fatores do solo e da planta.

Atualmente, as pesquisas na área de evapotranspiração apontam para a necessidade de se avaliar o modelo de Penman-Monteith-FAO, uma vez que ele tem apresentado melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência ETo de uma cultura hipotética, atendendo mais de perto a definição de ETP de Penman e o conceito adotado pela FAO-24 para ETo. Estas demandas de pesquisa foram referendadas em encontro promovido pela FAO no ano de 1990 em Roma, com especialistas da área de evapotranspiração, quanto à necessidade de se avaliar o modelo de Penman Monteith-FAO, com a finalidade de validá-lo em locais de climas mais amenos e, ou sub-úmidos, bem como de promover uma análise mais rigorosa dos termos de resistência da equação, visando conhecer melhor os mecanismos físicos e biológicos envolvidos na evapotranspiração, facilitando assim a introdução do conceito de evapotranspiração da cultura em uma só etapa.

a) Método FAO-Penman-Monteith

O modelo Penman (1948) é considerado como método padrão, pois combina os efeitos do balanço vertical de energia (termo energético) com aqueles do poder evaporante do ar (termo aerodinâmico). Monteith (1965) introduziu algumas modificações no termo aerodinâmico do modelo de Penman, incluindo dois valores de resistência ao fluxo de vapor de água, sendo: a resistência do dossel da cultura (r_c), decorrente das características fisiológicas da planta, e a resistência aerodinâmica (r_a) que inclui o efeito do vento na difusão turbulenta de calor sensível e vapor d'água. Por incorporar a ação climática e os aspectos fisiológicos da planta, o modelo permite utilização em qualquer tipo de cultura. A operacionalidade do método fica limitada a obtenção de r_c e r_a . Monteith (1985) sugere valores r_c de 50 s.m^{-1} para a maioria das plantas cultivadas, quando se deseja conhecer a sua evapotranspiração potencial. Hatfield (1988) apresenta valores de r_c em torno de 20 s.m^{-1} .

De acordo com Allen et al. (1998), a nova proposta para definir evapotranspiração de referência (ET_o) é definida como sendo a taxa de evapotranspiração de um cultivo hipotético de uma altura fixa de 12 cm, uma resistência do cultivo de 69 sm^{-1} e um albedo de 0,23, na qual será muito parecida a taxa de ET de uma superfície extensa de cobertura verde de altura uniforme, em crescimento ativo, sombreando em totalidade o solo e sem restrição de água. O cultivo hipotético escolhido, então, foi a grama, onde em função de suas características serem bem definidas, ser mais bem adaptada e disponível para validação de novos modelos. Assim, em função das considerações anteriores, ao método FAO-Penman-Monteith foi auferido como o único método padrão para determinação da ET_o podendo ser aplicado para períodos de tempo horário, diários, decenais e mensais.

Nas mais diversas partes do mundo, os pesquisadores têm procurado validar a aplicabilidade do método Penman-Monteith-FAO, comparando-o a outras metodologias já consagradas. Michalopoulou & Papaioannou (1991), determinaram a ET_o para 31 localidades da Grécia, com base nos métodos de Penman, Priestley-Taylor e de Thornthwaite, constatando que os modelos de Priestley-Taylor e de Thornthwaite sempre subestimaram os valores mensais obtidos pelo método de Penman-Monteith. Chiew et al. (1995), determinaram a ET_o para 16 estações climatológicas da Austrália, fazendo uso da metodologia proposta por Doorenbos & Pruitt (1997) e de Penman-Monteith. Concluíram que o método de Doorenbos & Pruitt (1997) superestimaram em 20-40% a ET_o obtida pelo

método de Penman-Monteith. No Brasil, Camargo & Camargo (2000), empreenderam uma revisão de literatura sobre evapotranspiração potencial ao que foi descrito por Thornthwaite, Penman e Marie Sanderson. Naquela ocasião analisaram a literatura acerca da evapotranspiração potencial mais ligada a climatologia agrícola. Como efeito de diversos pontos conclusivos, destacaram que Penman e Monteith consideraram a evapotranspiração potencial como parâmetro físico, micrometeorológico, biológico, entre outros. Thornthwaite trata-a como elemento meteorológico padrão, para emprego na agrometeorologia, agronomia e geografia.

Assis (1991), aplicando o modelo de Penman-Monteith em uma área com grama e outra com sorgo, verificou que existe uma boa correlação entre os valores medidos e estimados, com coeficientes de correlação superiores a 0,8. Para o sorgo, foi encontrado coeficiente de 0,89 e para a grama 0,85, o que torna este modelo muito recomendado.

Mendonça et al. (2001), objetivando comparar os valores de evapotranspiração de referência medidas por um lisímetro de pesagem e os valores estimados pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (PM-FAO), obtiveram resultados em que o método PM-FAO superestimou a ETo medida pelo lisímetro de pesagem para a região Norte Fluminense. Entretanto, apresentou bom ajustamento regional para períodos maiores que sete dias.

b) Método do Balanço de radiação/energia

O balanço de radiação, também denominado saldo de radiação, constitui-se da soma algébrica dos balanços de radiação de ondas curtas e longas, considerando-se positivos os fluxos verticais na direção da superfície e negativos quando na direção do espaço. Seu estudo é muito importante, dada sua influência sobre o comportamento de vários elementos meteorológicos e na evapotranspiração das culturas, proporcionando importantes alterações no clima e microclima em diferentes regiões da terra (Moura, 2001). Para Manzi et al. (1985), o saldo de radiação é um termo de grande importância e muito significativo em estudos meteorológicos de meso e micro escalas, por constituir a principal fonte de energia para os fluxos turbulentos de calor sensível e de calor latente, ou seja, para o aquecimento da biomassa e para os processos fotossintéticos. Em aplicações hidrológicas e agrícolas, a evaporação pode ser estimada através de modelos físicos se o saldo de radiação for conhecido. De acordo com Parmele & McGuinness (1974), em regiões úmidas

dos Estados Unidos, o saldo de radiação foi encontrado como um bom medidor do fluxo de calor latente quando as condições de evaporação potencial prevaleceram.

O balanço de energia sobre o cultivo do abacaxi, cultivar Smooth cayene foi repartido nas seguintes partes: 40% para calor latente, 56% calor sensível e 4% para fluxo de calor no solo (Shiroma, 1973).

Bartholomew & Malézieux (1994), em trabalho de revisão bibliográfica, descrevem que a superfície adaxial das folhas do abacaxi absorve radiação na faixa de ondas entre 520 e 750 nm, semelhantes às folhas do trigo, oliveira e laranjeira. Por outro lado, têm baixa reflectância na região espectral do infravermelho próximo de 1440 e 1990 nm.

Poucos trabalhos relacionados com o balanço de radiação/energia em abacaxicultura são encontrados na literatura. Destaca-se, entretanto, o artigo publicado por Shiroma (1973). Segundo o autor, este estudo foi desenvolvido para estimar a evapotranspiração do abacaxi, cultivar Smooth Cayenne, pelo método do balanço de energia. Como resultado, a evapotranspiração do abacaxi no verão, em estágio de frutificação, foi em torno de 1,3 mm/dia em dias nublados e de 2,7 mm/dia para dias claros, com média de 2,1 mm/dia.

Teixeira et al. (1997) efetuaram o balanço de energia na cultura da videira, cv. Itália e verificaram que a razão entre o saldo de radiação (R_n) e a radiação solar global (R_g), variou de 57% a 71%, com o máximo valor coincidindo com o início do florescimento.

Costa et al. (2001) determinaram a relação entre a radiação solar global e saldo de radiação para o cultivo da bananeira, obtendo R_n variando de 50% a 80% de R_g , sendo esta variação representada pela equação $R_n/R_g = 1E-06(DAP)^2 - 0,0012(DAP) + 0,3934$, com $R^2 = 0,91$.

Cunha et al. (2001), estudando o cultivo do pimentão em ambiente protegido e campo, avaliaram o saldo de radiação, o balanço de ondas curtas e longas, acumulados ao longo do ciclo do cultivo e obtiveram os seguintes resultados: o balanço de ondas curtas apresentou valores de 1.858,23 MJ.m⁻² e 2.672,15 MJ.m⁻² para o sistema de cultivos protegido e campo, o balanço de ondas longas de 431,62 MJ.m⁻² e 791,61 MJ.m⁻² no sistema protegido e em condições de campo, respectivamente e, o saldo de radiação, variou de 1.441,18 MJ.m⁻² e 1.879,33 MJ.m⁻², sistemas protegido e em campo. A conclusão obtida foi que em dia com céu limpo, houve diminuição do balanço de ondas curtas e

também do balanço de ondas longas para o cultivo protegido. Em dia de céu nublado, para os dois cultivos, houve diminuição do balanço de ondas curtas e longas, mostrando semelhança nesses dois cultivos nessa condição.

O albedo representa a razão entre a radiação solar refletida e incidente sobre o dossel vegetativo onde, a maioria das culturas, reflete cerca de 20 a 30% da radiação solar incidente (Rosenberg et al., 1983). Segundo Azevêdo et al (1997) a variação do albedo das superfícies vegetadas é função da espécie cultivada, do ângulo de elevação do sol, da cobertura do solo pela vegetação, do conteúdo de umidade da cultura e do solo, e da quantidade e tipo de cobertura de nuvens, ocorrendo variações mínimas em estágios iniciais e máximos quando a cultura alcança completo estágio de desenvolvimento. Shiroma (1973), Bartholomew & Malézieux (1994) descrevem que, em geral, os valores de albedo do abacaxizeiro estão entre 0,14 a 0,16 entre as idades de 1 a 16 meses.

Quando se estuda balanço de energia a quantificação do fluxo de calor no solo torna-se importante, uma vez que representará a entrada/saída de energia de determinado meio, contribuindo assim, para o aumento/redução no fluxo de calor latente e sensível e, conseqüentemente, aumentando/reduzindo as taxas de evaporação e transpiração. No caso das medições do fluxo de calor no solo (G), Silans et al. (1997) relatam que essa densidade de fluxo não pode ser medido diretamente na superfície do solo, porque os fluxímetros não devem ser expostos à radiação solar, como também, não podem ser localizados muito próximos da superfície, por causa de modificações induzidas pelo sensor no fluxo de umidade. Villalobos (1996), entretanto utilizou placas de fluxos de calor a uma profundidade de 5 cm. Nos estudos conduzidos por Cunha (1994) e Cunha et al., (1996), o fluxo de calor no solo representou valores médios entre 4% a 6% da energia líquida disponível, enquanto Pezzopane & Pedro Junior (2001) obtiveram fluxo de calor no solo, com média de 5,7% e 1,3% do saldo de radiação para o cultivo da videira, nas condições de ruas mantidas capinadas e em condições de forro, respectivamente.

c) Método do Balanço de energia baseado na razão de Bowen

O balanço de energia baseado na razão de Bowen (BERB) é um método indireto, simples e prático, utilizado para estimar o fluxo de calor latente (LE), com condições de ser utilizado para valores horários, especialmente durante as horas de brilho solar, no qual se baseia nas análises do balanço energético dos ganhos e perdas de energia

térmica radiativa, de condução e de convecção em uma superfície vegetada evaporante (Fuchs e Tanner, 1970; Campbell, 1973).

De acordo com Tubelis et al. (1976), o saldo de radiação sobre um dossel vegetal representa a quantidade de energia na forma de ondas eletromagnéticas, que este dispõe para repartir entre os fluxos de energia necessários aos processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo e para a fotossíntese. Arya (1988), Irvine (1998), semelhantemente às afirmações do autor anterior, afirmam que próximo à superfície, os fluxos de energia são distribuídos em saldo de radiação (R_n), taxa de armazenamento de energia no solo e no vegetal (G), fluxo de calor latente (λE) e fluxo de calor sensível (H).

A razão entre os fluxos de calor sensível e calor latente foi proposta por Bowen (1926), como forma de estudar a partição de energia disponível, possibilitando o cálculo da evapotranspiração. A razão de Bowen é freqüentemente inferida pelas medições das diferenças médias de temperatura e umidade através de uma distância vertical fixada acima de uma superfície homogênea qualquer. Para Heilman & Brittin (1989), o método BERB não necessita de informações sobre a velocidade do vento e propriedades aerodinâmicas da superfície, uma vez que os fluxos são independentes da estabilidade do ar atmosférico quando se considera a igualdade entre os coeficientes de transferência turbulenta de calor latente e sensível. Para isso, a exigência do método é que os gradientes de temperatura e umidade sejam medidos dentro da camada limite.

Angus & Watts (1984) alertam que o método do balanço de energia deve ser aplicado com algumas restrições: 1) a suposição de igualdade entre K_h e K_w é válida apenas para condições de estabilidade atmosférica próximos da neutralidade; e 2) as medições de temperatura e umidade devem ser tomadas dentro da camada limite do fluxo de ar, o que implica na necessidade de um "fetch" com extensão mínima de 100 vezes a altura das medidas, assim como a ausência de gradientes horizontais de temperatura e umidade.

O valor de Bowen (β) depende fundamentalmente das condições hídricas da superfície evaporante. Se a superfície estiver umedecida, a maior parte de R_n será utilizada na forma de λE , resultando em pequenos valores de β . Porém, se a superfície apresentar restrição hídrica, a maior parte de R_n será utilizada para o aquecimento do ar, resultando em elevado valor de β . Tanto λE como H são negativos quando fluem da superfície para o ar, e positivos no sentido contrário. Logo para uma superfície evaporante, o sinal de β

depende apenas do sinal de H . Se H for positivo, β será negativo; se H for negativo, β será positivo. Portanto, β negativo significa que está havendo transporte de calor sensível do ar mais quente para a superfície mais fria, condição de advecção ou inversão térmica; nesse caso, λE pode até suplantar R_n pois H representa um adicional de energia disponível à superfície evaporante (Pereira et al., 1997).

Para Angus & Watts (1984), o BERB em regiões úmidas oferece bons resultados, entretanto, em regiões semi-áridas, onde as culturas podem ser submetidas a uma variação de estresse hídrico, o gradiente de temperatura (ΔT) pode mostrar-se muito elevado, enquanto o gradiente de pressão de vapor (Δe) muito baixo.

Para a obtenção de medições precisas com o BERB, faz-se necessário calibrar os instrumentos cuidadosamente e, no caso específico dos psicrômetros, efetuar rotineiramente a limpeza do(s) bulbo(s) úmido e seu respectivo reabastecimento com água e as trocas de musselinas (Fritschen e Gay, 1979).

Os valores típicos de β são iguais a 0,1 para oceanos tropicais; 0,1 a 0,3 para florestas tropicais úmidas; 0,4 a 0,8 para florestas temperadas e pastagens; 2,0 a 6,0 para áreas semidesérticas e maior que 10 para desertos (Oke, 1978; Galvão, 1999).

Com a finalidade de determinar a evapotranspiração - ET_c na cultura da soja, durante os vários estágios do cultivo, Gargnel et al. (1996), utilizaram o método BERB, tendo concluído que a ET_c foi de aproximadamente 90% da energia disponível ($R_n - G$).

Silva & Folegatti (2001) observaram que a evapotranspiração do cultivo do feijoeiro em Piracicaba, SP, obtida em lisímetros de pesagem foi similar à obtida pelo BERB.

Kobayashi et al. (2001) realizaram um trabalho com o cultivo do feijoeiro, ocasião em que compararam a evapotranspiração da cultura (ET_c), calculada pelo método Penman-Monteith, utilizando valores de r_c obtidos a partir da temperatura do dossel da cultura, com a ET_c medida pelo BERB. Os resultados indicaram que os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith subestimaram os valores medidos pelo sistema razão de Bowen. Dessa maneira, o efeito da advecção afetou diretamente a correção entre valores calculados e medidos de ET_c .

Viana et al. (2001) obtiveram a evapotranspiração da alface em ambiente protegido, através de um sistema BERB e comparou esses dados com a ET_c medida com lisímetro de pesagem. A ET_c da alface foi de 102,98 mm e 92,93 mm, respectivamente,

para o primeiro e segundo cultivo. O BERB subestimou esses valores, representando 75,9% e 66,3% do total medido no lisímetro de pesagem, respectivamente, no primeiro e no segundo cultivo de alface. Os baixos valores de gradientes de pressão parcial do vapor dificultaram a estimativa da evapotranspiração pelo BERB no interior do ambiente protegido.

Pereira et al. (2003) testou a adequação da razão de Bowen e do método aerodinâmico para estimar a evapotranspiração de um pomar de citros e concluíram que a Razão de Bowen apresentou estimativas mais consistentes durante o período seco; mas, durante o período úmido as relações desviaram da linha de 1:1. As comparações do método aerodinâmico mostraram estimativas não confiáveis de evapotranspiração à medida que Δz diminuiu, resultando em $\Delta u/\Delta z$ pequeno, com Número de Richardson (Ri) e fator de correção exagerado, sob condições de instabilidade.

O método do balanço de energia baseado na razão de Bowen, por ser um método prático de determinação da evapotranspiração, é bastante utilizado em cultivos, em ambiência, dentre outros. Assim, nessa ótica, relacionam-se abaixo, alguns trabalhos que têm feito uso dessa metodologia. Heilman et al. (1994), Crago & Brutsaert (1996), Moran et al. (1996), Heilman (1996), Grattan et al. (1998), Jara (1998), Chan et al. (1998), Eltahir (1998), Devitt et al. (1998) Burba et al. (1999), Daamen et al. (1999), Domingo et al. (1999), Perez (1999), Barradas (1999) Kustas (2000), Amarakoon et al. (2000), Todd et al. (2000), Asseng & Hsiao (2000), Lopes et al. (2001) são alguns exemplos da aplicabilidade do método.

2.3.4 - Coeficiente de Cultivo - k_c

O coeficiente de cultivo (K_c) é definido como sendo o quociente entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_c varia com a planta, local, clima, práticas culturais, desenvolvimento vegetativo, disponibilidade de água no solo, estágio de desenvolvimento e condições de cultivo com ou sem controle de plantas invasoras; o valor de K_c , então, integra o efeito de todos os fatores mencionados (Pires et al., 2001). De acordo com Moran & Arumugam (1994) e Clark et al. (1996), este coeficiente relata o desenvolvimento fenológico e fisiológico de uma cultura particular em relação à evapotranspiração de referência e também representa o uso de água de uma cultura específica, que é de importância relevante para a estimativa do seu requerimento

hídrico, necessário tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para operacionalização de perímetros irrigados.

De acordo com Allen et al. (1998) e Sentelhas (2001), o K_c pode ser obtido de duas formas distintas: K_c simples e K_c composto. No primeiro caso, o K_c integra os efeitos da transpiração da cultura e da evaporação do solo. Esse tipo é o mais utilizado no planejamento e no manejo da irrigação. No segundo caso, o K_c é composto por um coeficiente de cultura basal (K_{cb}), para a transpiração da cultura, e por um coeficiente de evaporação do solo (K_e). Nesse segundo caso, concluem aqueles autores, a complexidade dos cálculos é muito maior, sendo o acompanhamento feito em base diária.

Segundo Doorenbos & Pruitt (1997), deve-se ter cuidado para não generalizar a aplicabilidade do “ K_c ”, pois é necessário que seus valores sejam obtidos, sempre que possível, para o cultivo que se quer implantar, em virtude da influência do clima, do solo e da configuração de plantio sobre os valores do K_c .

De acordo com Doorenbos & Kassan (1994), o “ K_c ” do abacaxi varia de 0,4 a 0,5 para todo o período de crescimento, o que evidencia tratar-se de um cultivo que pode ser implantado em regiões semi-áridas, desde que se estabeleça a melhor época de plantio.

Nas considerações de Almeida (1995), o coeficiente de cultivo para o abacaxi, em função do estágio de desenvolvimento da cultura, apresenta os seguintes valores: a) na fase inicial, da pega até cobrir 10% do solo, de 0,4 a 0,6, com média igual a 0,5; b) na fase secundária ou de desenvolvimento vegetativo, do final do 1º estágio até cobrir 70 a 80% do solo ou atingir de 70 a 80% de seu desenvolvimento, varia linearmente entre os valores do 1º ao 3º estádios; c) intermediário ou de produção, do final do 2º estágio até o início da maturação, 1,0 a 1,2; d) final ou de maturação, do início da maturação até a colheita ou fim da maturação, varia linearmente entre os valores no terceiro estágio e 0,4 – 0,6. Esses valores são, bem diferentes daqueles apresentados por Doorenbos & Kassan (1994).

2.4 - Análise de Crescimento e Desenvolvimento

2.4.1 - Variáveis de Crescimento

A análise de crescimento é uma técnica utilizada para quantificar os vários parâmetros que expressam o crescimento da planta. Essa técnica foi mais bem entendida a partir dos trabalhos desenvolvidos por Watson (1952), Radford (1967), Kvet et al. (1971), dentre outros autores.

De acordo com Magalhães (1979), a análise de crescimento consiste em descrever as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, com o intuito de quantificar o desenvolvimento de um vegetal. Para Benincasa (1988), a análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total, podendo, assim, estimar-se de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes.

Na análise de crescimento, dois tipos de técnicas são igualmente utilizados pelos pesquisadores: a clássica e a funcional. O método clássico apóia-se na estimativa dos valores médios das variações dos dados de crescimento (fitomassa, índice de área foliar-IAF etc.) em intervalos de tempos fixados por duas amostras sucessivas ao longo do ciclo biológico da cultura e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados. O método funcional ou dinâmico consiste em adaptar uma função matemática do tipo logístico ou de outra natureza (polinomial, exponencial etc.) aos dados de crescimento, e delas derivar os diversos índices de crescimento (Silva et al. 2000).

Para Benincasa (1988), as medidas de crescimento vegetal podem ser efetuadas de diferentes formas: lineares, que incluem medições de altura de plantas; comprimento do caule; comprimento e largura de folha; diâmetro de caule; comprimento e diâmetro de inflorescência e infrutescência etc.; medidas superficiais, que relacionam principalmente a determinação ou estimativa da superfície fotossinteticamente ativa; peso e número de medidas estruturais, como: unidades morfológicas de folhas, flores, frutos etc, unidades anatômicas, tipos, números e densidades de células do tecido condutor, números e distribuição dos estômatos etc.

Para Machado et al. (1982), as informações obtidas com o peso seco da planta toda e de suas partes (folhas, caules, raízes etc..) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), permitem estimar os vários índices fisiológicos, tais como: taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento – também chamada de taxa de crescimento absoluto (TC), índice de área foliar (IAF), entre outros.

Silva et al. (2000) relatam que as componentes do crescimento e índices fisiológicos, reportados aos aspectos da metodologia clássica, podem ser explicadas por, pelo menos, dez diferentes relações, dentre elas: razão de área foliar (RAF), razão de peso

foliar (RPF) e área foliar específica (AFE). As definições de alguns conceitos são relacionadas, a seguir: a taxa de crescimento ou taxa de crescimento absoluto (TCA) é o acúmulo da massa seca com o tempo e é aproximadamente igual a fotossíntese da cobertura vegetal ou unidade de área do solo e representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária. A (TCA) pode ser usada, para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. A taxa de crescimento relativo (TCR) representa a unidade de material produzido por unidade de material pré-existente, durante um intervalo de tempo, isto é, o crescimento dependerá do material existente no início do período e da eficiência da planta na produção de novos produtos fotossintéticos (Magalhães 1979). A taxa de assimilação líquida (TAL) pode ser expressa como a razão entre a taxa de crescimento e o índice de área foliar, e representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e o perdido através de respiração. O índice de área foliar (IAF) estima a ocupação de uma área (terreno ou água) pela parte aérea de uma comunidade de plantas. É, portanto um índice adimensional (Benincasa 1988). À medida que a área foliar cresce, o índice de área foliar também cresce, até atingir um valor a partir do qual o alto-sombreamento passa a prejudicar a planta, aumentando o número de folhas sob iluminação insuficiente, o que diminui sua eficiência fotossintética (baixa taxa de crescimento relativo).

De acordo com as aplicações e usos das características do crescimento, a literatura relaciona diversos trabalhos e com aplicações aos mais diferentes fins, especialmente em cultivos comerciais. Souza (1994) utilizou a TC, TCR, TAL, para estudar os efeitos de lâminas de água no cultivo do algodão. Silva (1995) utilizou-se de TC, TCR, TAL, RAF para analisar a eficiência do uso da radiação solar para duas cultivares de milho. Brighenti et al.(1997) utilizaram a AF, peso da fitomassa verde e seca, TCR, TAL, RAF, RPF para efetuarem a análise de crescimento da tiririca.

Em que pese à maioria dos trabalhos de análise de crescimento ser de origem internacional, destacamos a contribuição dos trabalhos publicados por Calbo et al. (1989) (a) e (b) à literatura brasileira.

Quanto à análise de crescimento aplicada ao cultivo do abacaxi, em especial à cultivar Pérola, poucos são os trabalhos descritos na literatura. Entretanto, para outras cultivares, destacam-se os seguintes relatos: Em experimento sobre população de plantas e irrigação e avaliando o crescimento e desenvolvimento do abacaxi cv. Kew, no Sri-Lanka, Senanayake (1978), em análise desta cultivar do 4º ao 10º mês, não encontrou diferença

significativa entre tratamentos quando analisou a produção de matéria seca da raiz, caule, folhas e peso total da planta. Rebolledo et al. (1993) analisaram o crescimento do abacaxizeiro, cultivar Smooth Cayenne, nas condições de Vera Cruz, México, durante o período de 1990-1992. Naquela ocasião, foram analisadas as variáveis de comprimento e volume das raízes, peso da fitomassa verde e fitomassa seca da raiz, caule, número de folhas e peso da folha D, além da área foliar total. Foram encontradas correlações altamente positivas. O peso seco das folhas apresentou uma taxa de crescimento exponencial ($r^2 = 0,956$), reduzido durante os meses iniciais e rápido após essa data. Comportamento semelhante foi observado para o peso do caule e raiz, bem como, área foliar. Ainda segundo os autores, o peso da planta teve uma alta correlação com o peso seco total. Também ocorreram relações entre o peso da folha "D" e o peso fresco da planta. O peso da raiz, caule e folha tiveram comportamento similar durante o crescimento vegetativo. A taxa de crescimento relativo foi homogênea durante a fase vegetativa. A taxa de matéria foliar mostrou-se inversa ao comportamento da taxa de área foliar.

Zhang e Bartholomew (1997) analisaram o efeito da densidade de plantio na acumulação e repartição da matéria seca do abacaxi, cultivar Smooth Cayenne, no Havaí. Como resultado, encontraram que 87% da matéria seca aérea foi repartida nas folhas e 13% no caule, durante o crescimento vegetativo e que essas relações não sofreram modificações significativas. Após a indução floral, a maior quantidade de matéria seca da parte aérea foi dirigida para a inflorescência e para o talo. As relações peso da fruta/peso da planta não foi afetada pela densidade, de tal modo que o peso da fruta era proporcional a massa da planta para todas as densidades. Ao aumentar a densidade, a proporção da matéria seca no talo diminuiu, mostrando que o aumento na densidade afeta o fruto. Concluíram, então, que a fruta é um consumidor mais importante do que o talo quando, por sua vez, a disponibilidade de assimilados é pobre, devido à competição entre plantas.

2.4.2 - Variáveis de Rendimento.

Barreiro Neto et al. (1998), em estudo de caracterização do abacaxizeiro Pérola para o no Estado da Paraíba, concluíram que o peso, o comprimento e o diâmetro do fruto se apresentaram equilibrados, com excelente conformação do fruto. O peso médio do fruto acima de 1.500g assegurou produtividade superior a 50 t/ha, com baixa quantidade de frutos fora do tipo padrão. O peso médio da coroa foi de 72,4 g representando 4,60% do peso do fruto. O comprimento médio da coroa foi de 14,0 cm. O peso do fruto apresentou

correlação positiva e significativa com o comprimento e diâmetro do fruto, com a altura de inserção do fruto e com a largura da folha. Afirmaram também que a cultivar apresentou teor de suco na polpa de 77,84 %. Para o fruto, obtiveram 73,12 % de polpa. O teor de sólidos solúveis totais (Brix) foi alto, 16,04, e a acidez baixa (4,67ml de NaOH a 0,1N/10ml de suco) o que conferiu qualidade mais apropriada para consumo *in-natura*.

Analisando a composição física do fruto do abacaxizeiro, cv. Pérola, em diferentes estádios de maturação, respectivamente aos 130, 150 e 170 dias após a indução floral, Barreiro Neto et al. (1998), verificaram que o peso da coroa foi de 96 g no estágio imaturo, participando com 9,36% do peso total do fruto. Nos estádios semimaturado e maturação a campo, os pesos da coroa foram 116 g e 103 g, representando 8,32 % e 6,96 % do peso total do fruto. Nos estádios de maturação do fruto imaturo, semimaturado e maturação a campo os pesos do coração do fruto foram 68,99 e 80 g, representando 6,63 %; 7,09 % e 5,41 do peso total do fruto, respectivamente. O peso da casca foi de 226 g no estágio imaturo, alcançando 250 g no estágio semimaturado e 246 g no estágio maduro, em ordem, representando 61,98 %; 66,67 % e 71,01 % do peso total do fruto, respectivamente. No tocante à percentagem de suco na polpa, obtiveram 76 % e 78 %, nos estádios semimaturado e maduro, superando em 16,67%, em média, a percentagem de suco obtido no estágio imaturo.

Selamat (1997) realizou um estudo em Johoren na Malásia, no período de junho de 1991 a setembro de 1992, para determinar o efeito do tamanho do material de plantio sobre o crescimento, rendimento e a qualidade dos frutos do abacaxizeiro, cultivar Gandul, propícia para a industrialização de enlatados. Dentre algumas determinações encontraram que o peso médio das frutas, provenientes de mudas mais pesadas alcançaram valores maiores do que aqueles provenientes de mudas com menor peso. Frutos provenientes de mudas mais pesadas alcançaram peso de 1,60 kg, enquanto os oriundos de mudas com menor peso alcançaram peso de 1,32 kg, demonstrando que as mudas mais pesadas obtiveram ganho de peso em torno de 21 % em relação àquelas mudas menos pesadas. Por outro lado, a qualidade das frutas não foi afetada pelo tamanho das mudas. Concluíram, então, que o rendimento potencial do abacaxi, cv. Gandul pode passar de 81,4 a 99,2 toneladas por hectare, utilizando mudas com 340 g em lugar de 120 g. Dentro deste mesmo ano agrícola, compreendendo o período de fevereiro a dezembro, o autor ainda estudou o efeito da densidade de plantio, com a mesma cultivar Gandul, encontrando que ao se incrementar a densidade de plantio, diminuiu o número de folhas que emergiam.

Entretanto, não teve efeito significativo na altura da planta e na largura da folha D. O peso médio do fruto, comprimento e diâmetro do coração, concentração de sólidos solúveis (SSC), acidez e relação SSC/acidez não foram afetados. O rendimento da fruta aumentou significativamente com o incremento da densidade estimados de 57,3 a 66,7 t/ha na densidade convencional, para 82,3 a 91,2 t/ha nas altas densidades.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Características Gerais e Localização da Área Experimental

O estudo foi conduzido no sítio Senhor do Bonfim, na localidade Mumbaba de Belê, no município de Santa Rita – PB, de propriedade do Eng^o Agrônomo João Xavier de Araújo, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 14' 20" S de latitude; 34° 59' 28" W de longitude e 85 m de altitude. A área do experimento tem 90 m x 90 m, possuindo topografia plana e caracterizada por ser circundada por uma grande área plantada com abacaxi, minimizando desta forma eventuais efeitos advectivos. Nesta área existe um poço tipo amazonas de onde se retirou a água para irrigações complementares. Na Figura 3.1, encontra-se o mapa de referência onde se situou a área do experimento.

3.2 - Clima

A precipitação pluviométrica anual do município de Santa Rita está entre 1.300 mm a 2.000 mm, sendo a média anual considerada de 1500 mm. A amplitude térmica anual é muito pequena e está associada à baixa latitude. As temperaturas médias diárias variam ao longo do ano com valores compreendidos entre 22 °C e 26 °C. Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os mais frios são julho e agosto. A umidade relativa é bastante uniforme em toda a região, com médias em torno de 80%. De acordo com a classificação Köppen, o clima da região é do tipo As' – quente e úmido, com chuva de verão (Ministério da Agricultura/SUDENE, 1972).

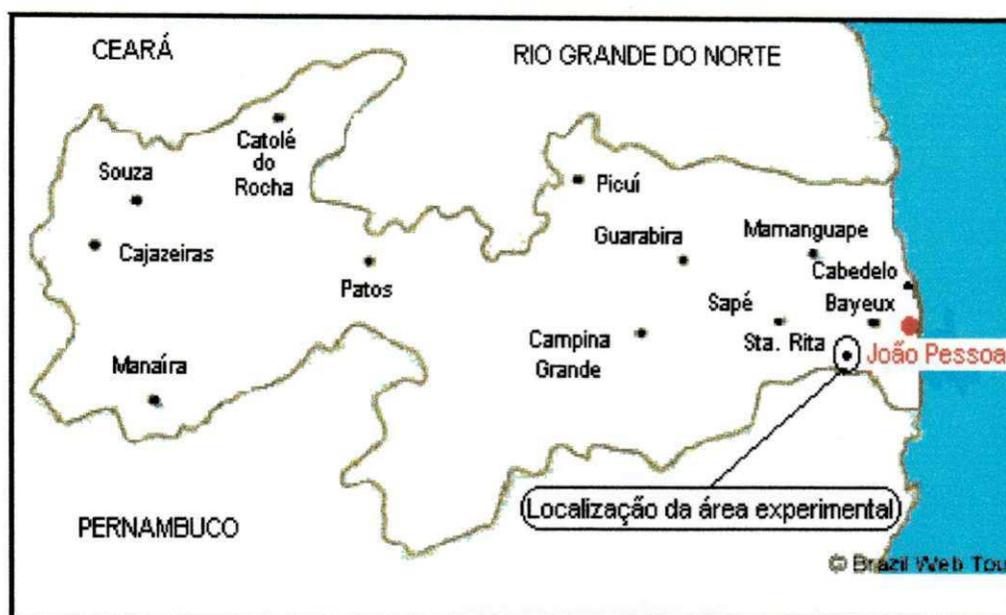


Figura 3.1 – Município de localização da área experimental (Santa Rita -PB)

3.3 - Características do Solo e da Água de Irrigação

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo (EMBRAPA, 1999) e suas características físico-hídricas estão no Quadro 3.1.

O resultado da análise química do material do solo da área experimental está sumarizado no Quadro 3.2. Os valores correspondem à média de diversos pontos obtidos no local experimental – coletados em “zig”-“zag”, totalizando 20 amostras, até uma profundidade de 30 cm, homogeneizados e transportados em amostra única ao laboratório para análise.

A água utilizada na irrigação do abacaxizeiro foi proveniente de um poço Amazonas, de onde foram extraídas amostras para análise, cujas características químicas estão sumarizadas no Quadro 3.3. Conforme esses resultados, a água foi classificada como C₁, isto é, água utilizada sem restrições de uso na agropecuária (Ayers & Westcot, 1991).

QUADRO 3.1 - Características físicas do solo da área experimental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Características físico-hídricas		Valor
Granulometria g.kg ⁻¹	Areia	762,9
	Silte	84,7
	Argila	152,4
Classificação textural		Franco arenoso
Densidade aparente, g.cm ⁻³		1,75
Densidade real, g.cm ⁻³		2,67
Porosidade %		34,46
Tensão (kPa)	Natural (%)	1,32
	10	10,13
	33	7,25
	Equivalente	-
	100	7,18
	500	6,84
	1000	6,67
	1500	5,69
Unidade (%) base em peso		
Água disponível (%)		4,44

QUADRO 3.2 - Resultado analítico médio de algumas características químicas do solo da área experimental Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB 2001/2002.

Características químicas		Valor
Complexo sorvivo cmol _c .kg ⁻¹	Cálcio	0,96
	Magnésio	0,98
	Sódio	0,09
	Potássio	0,12
	Soma de bases (S)	2,15
	Hidrogênio	9,03
	Alumínio	0,80
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	11,98
Porcentagem de sódio trocável (PST)		17,95
Carbonato de cálcio qualitativo		Ausência
Carbono Orgânico, g.kg ⁻¹		1,85
Matéria Orgânica, g.kg ⁻¹		3,19
Fósforo assimilável, mg.kg ⁻¹		0,36
pH em água (1:2,5)		4,35
pH kcl		-
Condutividade elétrica da suspensão solo-água (1:2,5), dS.m ⁻¹		0,08
pH do extrato de saturação		3,85
Extrato de saturação mmol _c .L ⁻¹	Cloreto	2,00
	Carbonato	0,00
	Bicarbonato	1,10
	Sulfato	Ausência
	Cálcio	0,25
	Magnésio	1,25
	Potássio	0,64
	Sódio	0,87
Porcentagem de saturação, g.g ⁻¹		29,33
Relação de adsorção de sódio (mmol _c .L ⁻¹) ^{0,5}		1,00
PSI		0,75
Classe de solo		Normal

QUADRO 3.3 - Resultado de análise da água de irrigação coletado em poço amazonas na área experimental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Cátions	Valor	Anions	Valor
Ca ⁺⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	1,7	CO ₃ ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	0,0
Mg ⁺⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	4,5	HCO ₃ ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	4,0
Na ⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	3,0	Cl ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	7,5
K ⁺ (mmol _c .L ⁻¹)	1,6	SO ₄ ⁻ (mmol _c .L ⁻¹)	Ausência
Σ cátions (mmol _c .L ⁻¹)	10,8	Σ anions (mmol _c .L ⁻¹)	11,5
PH	4,08	RAS (mmol _c .L ⁻¹) ^{0,5}	1,70
CE (dS.m ⁻¹) a 25°C	0,14		
Classe de água	C ₁		

3.4 - Sistema de Produção Utilizado

As mudas, tipo filhote, utilizadas na condução do experimento foram provenientes de plantios de campos comerciais de produção, anexos ao local do experimento, de bom nível de sanidade, dispensando pois, tratamentos fitossanitários iniciais e apresentando as seguintes características: comprimento 40 – 50 cm e peso 300 - 500 g.

A cultivar escolhida foi a “Pérola”, cultivada exclusivamente no Brasil. A planta desta cultivar é também conhecida como “Pernambuco” ou “Branco-de-Pernambuco”. A planta apresenta porte médio, crescimento ereto; folhas com mais ou menos 65 cm de comprimento e acúleos nas bordas e pedúnculo longo (mais ou menos 30 cm). Produz muitos filhotes (10-15) presos ao pedúnculo, próximos da base do fruto. O fruto apresenta forma cônica, casca amarela (quando maduro), polpa branca, sucosa, com teor de açúcar de 14 a 16° Brix, e pouco ácida, agradável ao paladar brasileiro e o seu peso varia de 1,0 Kg a 1,5 Kg; possui coroa grande e, apesar de suas características organolépticas, é pouco apropriado para a industrialização e a exportação *in-natura*. Apresenta tolerância à murcha associada à cochonilha (*Dysmicoccus brevip*) e é susceptível à fusariose (*Fusarium subglutinans*) (Cunha & Cabral, 1999).

O preparo da área ocorreu em duas etapas: 1) preparação do solo da área experimental propriamente dita; 2) enchimento do evapotranspirômetro com solo da mesma área. O preparo do solo da área experimental consistiu de duas passagens cruzadas, efetuadas com grade/aradora de levante hidráulico de 14 discos de 60 cm. A abertura dos



Figura 3.2 - Indução floral do abacaxizeiro

3.5 - Parcela Experimental

A área experimental foi plantada com 41.000 plantas, sendo parte de uma grande área contígua cultivada com abacaxi. Na parte central da área experimental foi escolhida uma sub-área de 10 m x 10 m, com aproximadamente 500 plantas, destinadas às medições de altura e diâmetro da planta, evolução do índice de área foliar (IAF), dentre outros. Na Figura 3.3 está representado o “croqui” da área experimental onde se incluiu a localização dos instrumentos utilizados no estudo.

3.6 - Manejo da Irrigação

3.6.1 - Irrigações no Evapotranspirômetro e a Irrigação na Parcela Total

O evapotranspirômetro foi irrigado manualmente com um irrigador, tipo hortícolas, separadamente das irrigações ao nível da parcela. Em nível parcelar, a irrigação foi realizada via sistema aspersão convencional. Quando das irrigações na parcela, isto é, sempre que as linhas de aspersão passavam sobre o evapotranspirômetro, o mesmo era

protegido com uma cobertura confeccionada de madeira e plástico/transparente, facilmente removível.

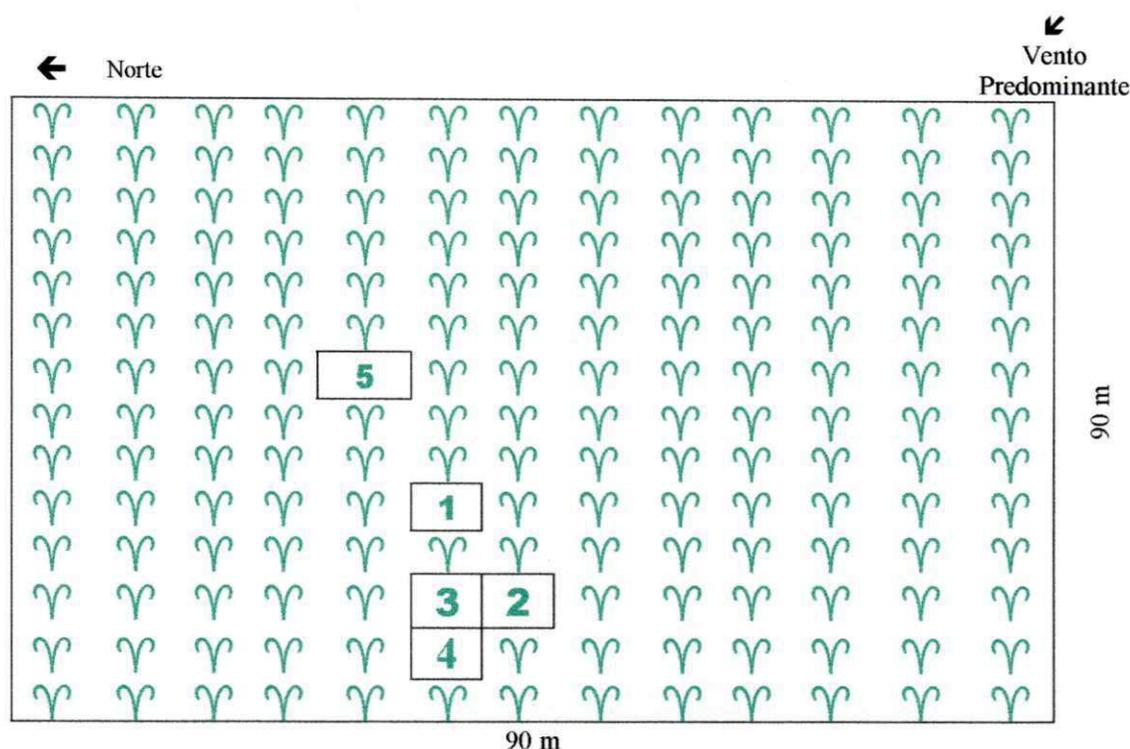


Figura 3.3 - Localização da torre micrometeorológica (1), evapotranspirômetro (2), tanque de drenagem (3), pluviômetro (4), subparcela para medições (5). Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Para iniciar a determinação da ET_c, o evapotranspirômetro foi saturado completamente. Registrada as primeiras gotas drenadas e fechada a torneira do tanque de drenagem, 24 horas após as irrigações, tempo este necessário para o sistema entrar em capacidade de campo, coletou-se a água drenada que, pela diferença com a água precipitada e/ou irrigada, permitiu o cálculo da evapotranspiração. Entretanto, problemas iniciais com a ET_c foram difíceis de controlar, uma vez que as chuvas que se precipitavam sobre a área, impediu um melhor controle do sistema. Optou-se, então, em estimar-se uma lâmina evapotranspirativa de 2,0 mm/dia, baseada em aplicações médias dos irrigantes de abacaxi daquela região. Sendo assim, uma lâmina de 14 mm era aplicada de 7 em 7 dias, sempre que não ocorressem precipitações nesse período, o que se assumiu ser suficiente para manter a cultura sem estresse hídrico. A coleta de água drenada foi efetuada diariamente, independente das irrigações e/ou precipitações. Embora feito esse registro, a técnica da lisimetria não foi utilizada neste estudo para se obter a ET_c do cultivo, em função das precipitações que ocorreram naquele local, caracterizando que em regiões onde

se sucedem as chuvas, em solos arenosos, torna-se difícil o controle da ETc com este tipo de equipamento. O volume de água aplicado na parcela experimental foi quantificado via hidrômetro, disposto na entrada de cada linha secundária de irrigação.

O sistema de irrigação por aspersão convencional foi composto de uma bomba de 7,5 cv, com linha principal de 75 mm e as derivações de 50 mm. Os aspersores utilizados foram do modelo A 232 Eco, da Fabrimar, com bocal de 5,6 mm x 3,2 mm e vazão de 2,66 m³/h, os quais foram instalados em cano de subida de pvc de 1,0 m e espaçamento de 12 m x 12 m, proporcionando uma precipitação de 30 mm.ha⁻¹.

Foi aplicado o teste de coeficiente de uniformidade de Christiansen - CUC (Bernardo, 1989) para determinar a eficiência do sistema de irrigação. Obteve-se, através do mesmo, um CUC em nível de campo de 70%, compatível assim, com o que recomenda a literatura para um bom desempenho do sistema como um todo. A intensidade de aplicação d'água (mm/h) foi obtida pela seguinte equação:

$$IA = \frac{q \cdot 3600}{S_1 \cdot S_2} \quad (3.1)$$

onde q é a vazão do aspersor (l/s); S₁ o espaçamento entre aspersores, ao longo da linha lateral (m); e S₂ o espaçamento entre linhas (m). O tempo de irrigação por posição (TI) foi obtido, segundo a expressão:

$$TI = \frac{ETc}{E_f} \times 60 \times TR \quad (3.2)$$

onde, ETc é a evapotranspiração do cultivo; E_f (0,70), a eficiência do sistema de aspersão, obtido ao nível de campo; IA é a intensidade de aplicação e, TR, o turno de irrigação.

3.7 - Instrumentação

Na área experimental foram instaladas duas minitorres micrometeorológica, dispostas de acordo com a Figura 3.4: uma torre 1, serviu de suporte, no seu ápice a 2,7 m de altura, para as medições de radiação solar global (R_g) e, em dois níveis distintos (nível 1 e nível 2) foram afixadas anemômetros e psicrômetros à base de termopares de cobre-constantan. A junção do termopar úmido foi envolvido em uma gaze embebida em água

destilada e abastecido em suporte apropriado, segundo detalhes da Figura 3.5. Na torre 2 foram fixados um saldo radiômetro (R_n) e um radiômetro para medição da radiação solar refletida (R_f). A distância entre as minitorres era de 3 m. Para melhor descrevê-los, ambas as torres tinham 2,70 m de altura e, na torre (1), um conjunto psicrométrico (T_s e T_u) e um anemômetro, nível 1 foram posicionados ao nível da cultura, obedecendo a sua elevação em função do crescimento das plantas, enquanto um segundo anemômetro e outro conjunto psicrométrico foi afixado a 1,2 m em relação ao nível 1. Instalaram-se, também, duas placas de fluxo de calor no solo (G), colocadas em série, na profundidade de 0,02 m, distantes 1 m entre si, e um suporte para o painel solar a 2,7 m. Dentro de um abrigo meteorológico instalou-se uma sonda para as medições da temperatura do ar e umidade relativa, além de uma caixa (micro-abrigo) onde ficou o “datalogger” e uma placa multiplexadora, Figura 3.6, destinados à coleta dos sinais emitidos pelos equipamentos, onde eram ali registrados. Como registro dos equipamentos instalados na área experimental, um evapotranspirômetro de percolação com o seu respectivo tanque de drenagem foi também instalado para serem utilizados na determinação da ET_c , cujas considerações sobre o mesmo já foi anteriormente citado.



Figura 3.4 - Vista parcial da área experimental com a distribuição do instrumental. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

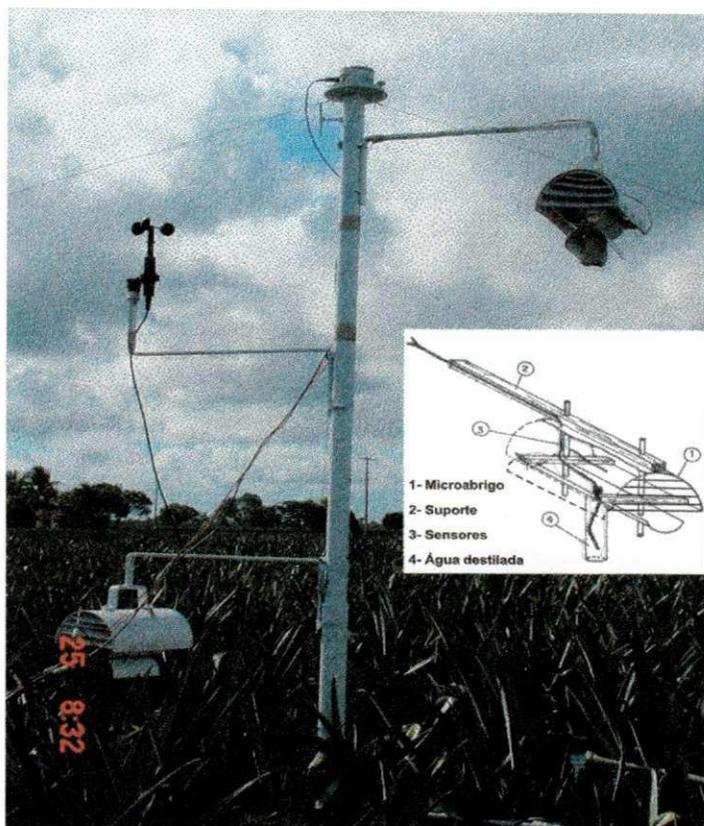


Figura 3.5 - Vista detalhada da torre micrometeorológica, com destaque ao psicrômetro. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

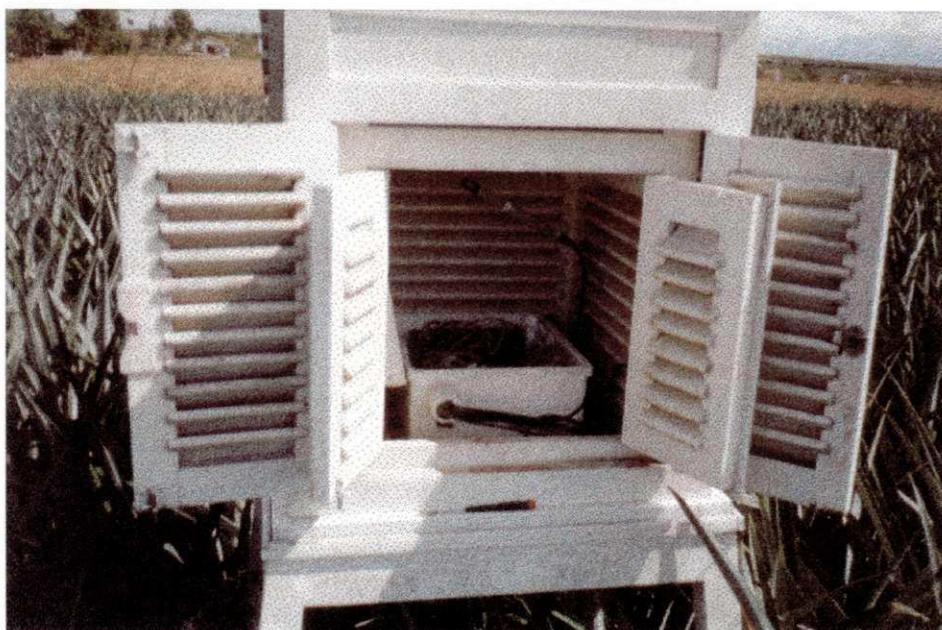


Figura 3.6 - Abrigo meteorológico com “datalogger” e “sonda” para medição de temperatura e umidade relativa do ar. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

O evapotranspirômetro de percolação ou drenagem foi construído de acordo com as recomendações sugeridas por Reichardt (1987), em material de chapa de ferro (3/8"), com dimensões 1,80 m x 2,40 m x 1,0 m. Ao mesmo, foi conectado um tanque de drenagem com dimensões de 0,80 m x 1,20 m x 1,20 m.

No Quadro 3.4, encontra-se a relação dos instrumentos que foram utilizados para as medições meteorológicas, bem como suas especificações.

Além desses instrumentos citados no Quadro 3.4 foram ainda utilizados: Pluviômetro – modelo Ville de Paris (medição da precipitação) e proveta graduada em milímetros; balança eletrônica para pesagem da biomassa verde e seca, resolução de 0,01g; estufa de ventilação forçada, 65 °C, para secagem de biomassa; integrador de área foliar modelo LI-COR 3000; régua graduada em centímetros; solução de NaOH 0,1N (determinação da acidez do fruto); refratômetro (determinação do Grau Brix – Teor de açúcar); Sistema de Posicionamento Geográfico (GPS) - determinação de coordenadas geográficas; ferramentas e apetrechos para eventualidades durante a condução do experimento.

3.8 - Sistemática das Observações

Foram efetuadas leituras diárias às 7h do tanque de drenagem do evapotranspirômetro – ver anexo (esta informação serve apenas como registro ao trabalho realizado) e do pluviômetro. Os dados dos instrumentos acoplados as minitorres micrometeorológicas, totalizando 13 canais, foram coletados em um sistema automático de aquisição de dados (Micrologger CR10X), acoplado a uma placa multiplexadora (AM416) alimentado por painel solar, programado para leituras a cada 5 segundos e armazenar médias a cada 20 minutos. Essas médias foram coletadas através de armazenamento e posteriormente transferidas a um computador, onde foram realizadas as operações de processamento dos mesmos.

Durante a realização do experimento as chuvas ocorreram nos mais diversos horários, apresentando-se com maior intensidade no período da madrugada, prolongando-se até as primeiras horas do dia. Nessas circunstâncias, tornaram-se inviáveis as leituras de controle no evapotranspirômetro, conforme já mencionado, para determinação da ETc, as quais foram eliminadas.

Quadro 3.4 - Relação dos instrumentos que foram utilizados para medições das variáveis meteorológicas e especificações – Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

INSTRUMENTOS		ESPECIFICAÇÕES
Psicrômetros: (2)	Nível 1	Projeto e fabricação: UFCG
	Nível 2	
Caixa ambiental para suporte ao Datalogger		Projeto e fabricação: UFCG
Datalogger e módulo de leitura CR10X		Campell Scientific Inc.
Placa multiplexadora		Campell Scientific Inc.
Módulo de transferência de dados (microcomputador)		-
Sonda para Temperatura e Umidade: (1)		Vaissala HMP45AC
Painel Solar: (1)		Tipo: MSX10 Série n. JP95G20000029.
Anemômetro: (2)		Tipo: Young Cabo Campbell 03101-L*284774
Emissão de sinal dos psicrômetros		Pares termo-elétricos de cobre-constantan (22 AWG)
Piranômetro Kipp & Zonen (Radiação refletida): (1)		Modelo: CM3 Série. N.: 014258 Sensibilidade: $22.73 \times 10^{-6} \text{ V/Wm}^{-2}$
Saldo Radiômetro Kipp & Zonen: (1)		Tipo: NR Lite article n.: 0344900 Série n. 010679 Sensibilidade: $13.0 \mu\text{V/Wm}^2$
Piranômetro Eppley (Radiação global): (1)		Cal. $87,04 \text{ W/m}^{-2}$
Fluxímetro: (2)		HFT3 – L*284773 Cal. $35,25 \text{ W/m}^2/\text{mV}$

3.9 - Balanço de Radiação

O balanço de radiação à superfície é obtido pela soma dos fluxos de radiação de ondas curtas e longas, adotando-se como positivo o sentido dos fluxos que entram no sistema, e negativo o dos que saem, verifica-se que (Pereira et al., 2002):

$$BOC = Qg - rQg = Qg(1 - r) \quad (3.3)$$

$$BOL = Qa - Qs \quad (3.4)$$

$$Rn = BOC + BOL = Qg(1 - r) + Qa - Qs \quad (3.5)$$

em que BOC representa o balanço de radiação de ondas curtas; BOL o balanço de radiação de ondas longas; Qg a irradiância solar global; r o poder refletor da superfície (albedo); Qa o fluxo de energia radiante emitida pela atmosfera em direção à superfície (contra radiação atmosférica); Qs o fluxo de energia radiante emitida pela superfície em direção à atmosfera (emitância radiante da superfície). Em função dos valores de cada um desses fluxos, Rn poderá ter valor positivo ou negativo. Durante o período diurno, o BOC é positivo, sendo nulo à noite, e o sinal depende dos valores de Qa e Qs . Normalmente, o valor diário do BOL em uma superfície natural é negativo. Isso faz com que nas superfícies, o valor diurno do BOC (maior do que o de BOL) torne Rn positivo nesse período do dia (a superfície tem ganho líquido de energia) enquanto que à noite, sendo $BOC = 0$ e o BOL, negativo, tem-se Rn negativo (a superfície tem perda de energia). Esse é um modo da superfície eliminar parte da energia solar absorvida e que se transformou em calor sensível.

O balanço de radiação de ondas curtas foi obtido segundo a expressão:

$$BOC = Rg - Rr \quad (3.6)$$

em que BOC o balanço de ondas curtas, Rg é a radiação solar global e Rr , a radiação solar refletida, todos em $W.m^{-2}$.

O balanço de radiação de ondas longas foi obtido através da expressão:

$$BOL = BOC - Rn \quad (3.7)$$

em que BOL é o balanço de radiação de ondas longas e, Rn é saldo de radiação, ambos em $W.m^{-2}$.

As componentes do balanço de radiação R_g , R_r e R_n foram medidas com instrumentos especificados no Quadro 3.4.

3.9.1 - Obtenção do Albedo

O albedo (α) foi obtido à partir da radiação refletida (R_r) dividida pela radiação solar global (R_g).

3.10 - Balanço de Energia

O balanço de energia foi obtido pelo método da razão de Bowen, de acordo com as descrições de Bergamaschi et al. (1988); Galvani & Escobêdo (2001) e Silva (2001).

Dentro de uma área de volume de controle, Figura 3.7, as medidas das componentes do balanço de energia foram tomadas sobre a cultura, onde se considerou apenas o balanço vertical, uma vez que os termos armazenamento de fluxos de calor latente e sensível, horizontal, bem como a fração de energia utilizada na síntese biológica quase nunca ultrapassam 2%, foram desprezados.

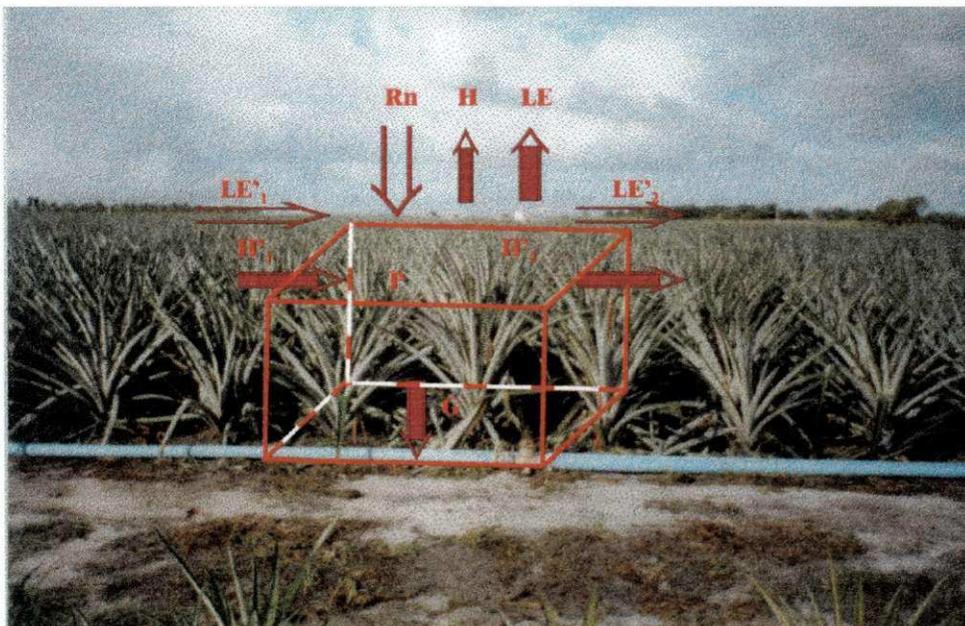


Figura 3.7 Volume de controle no cultivo do abacaxi, cv Pérola. Sítio Senhor do Bomfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

A equação geral do balanço de energia pode ser descrita como segue:

$$Rn - LE - H - G \approx 0 \quad (3.8)$$

em que Rn é o saldo de radiação, LE é a densidade de fluxo de calor latente, H é a densidade de fluxo de calor sensível do ar e G é o fluxo de calor no solo, todos em $W.m^{-2}$.

No topo da cultura e a superfície do solo foram considerados o limite superior e inferior do sistema. A Razão de Bowen, β , foi estimada segundo a expressão (Rosenberg et al., 1983):

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{P_o C_p}{L\varepsilon} \left(\frac{Kh}{Kv} \right) \frac{\partial T}{\partial e} \frac{\partial Z}{\partial z} = \gamma \left(\frac{Kh}{Kv} \right) \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3.9)$$

em que Kh e Kv são os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível e vapor d'água, respectivamente, e γ é o fator psicrométrico ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$) obtido segundo:

$$\gamma = P_o C_p / 0,622L \quad (3.10)$$

em que C_p ($1,013 \times 10^{-3} \text{ MJ Kg}^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$) é o calor específico do ar à pressão constante, P_o é a pressão atmosférica média à superfície, adotada à região em 1000 (hPa) e L é o calor latente de vaporização (MJ kg^{-1}), obtido pela expressão proposta por Wright (1982):

$$L = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T \quad (3.11)$$

onde T_a é a temperatura do ar ($^\circ C$). Considerando $Kh = Kv$ e $(\partial T / \partial Z) / (\partial e / \partial Z) \approx \Delta T / \Delta e$; sendo $\Delta T = T_2 - T_1$ e $\Delta e = e_2 - e_1$, as variações de temperatura e pressão de vapor na camada de ar acima do dossel da cultura, respectivamente, a equação (3.9) torna-se:

$$\beta = \gamma \Delta T / \Delta e \quad (3.12)$$

A pressão parcial do vapor d'água foi calculada pela equação de Ferrel, descrita por Varejão-Silva (2000), ou seja:

$$e(t_a) = e_s(t_u) - 0,00066(1 + 0,00115t_u)(t - t_u)P_o \quad (3.13)$$

em que t_u é a temperatura do bulbo úmido, t_a é a temperatura do bulbo seco, P_o é a pressão atmosférica (hPa) e $e_s(t_u)$ a pressão de saturação do vapor d'água (hPa), a qual foi calculada pela equação de Tetens, apresentada por Rosenberg et al. (1983), por:

$$e_s(t_u) = 6,1078 \exp\left(\frac{17,269t_u}{237,3 + t_u}\right) \quad (3.14)$$

Com a razão de Bowen, obteve-se o fluxo de calor latente, segundo a expressão:

$$LE = -\left(\frac{Rn - G}{1 + \beta}\right) \quad (\beta \neq -1) \quad (3.15)$$

O fluxo de calor sensível foi obtido por diferença, ou seja:

$$H = Rn - LE - G \quad (3.16)$$

No cálculo da evapotranspiração diária da cultura (ET_c, mm) utilizou-se o intervalo de tempo correspondente ao período em que Rn se apresentou positivo (Prueger et al., 1997).

3.11 - Evapotranspiração de Referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida com base no modelo da FAO-Penman-Monteith descritas por Allen et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (3.17)$$

em que ET_o é a evapotranspiração de referência diária da cultura (mm dia⁻¹); Rn é o saldo de radiação à superfície (MJ m⁻² dia⁻¹); G é o fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); T_m é a temperatura média diária do ar ao nível do abrigo (°C); u₂ é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura acima da superfície do solo (m s⁻¹); e_a é a pressão real do vapor d'água (kPa); e_s é a pressão de saturação do vapor d'água (kPa); (e_s - e_a) é o déficit de saturação (kPa); Δ é a inclinação da curva de pressão de saturação de vapor (kPa °C⁻¹), e γ é o fator psicrométrico (kPa °C⁻¹).

3.12 - Coeficiente da Cultura

O coeficiente de cultivo (K_c) foi obtido pela relação entre a evapotranspiração da cultura, ET_c, estimada pelo balanço de energia/razão de Bowen e a evapotranspiração de referência, ET_o, determinada pelo método FAO - Penman-Monteith, ou seja:

$$Kc = ETc/ETo \quad (3.18)$$

3.13 - Análise de Crescimento, Índices Fisiológicos e Fenológicos

O desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro foi analisado através de dados relativos à variação da duração de quatro fases de desenvolvimento, a saber: crescimento vegetativo (enraizamento e crescimento vegetativo pleno), florescência/queda de flores, formação dos frutos e colheita; da evolução do índice de área foliar (IAF) e a produção de fitomassa. Foram coletadas amostras aleatórias no interior da área experimentais de 3 plantas a intervalos de 4 semanas, para determinação da biomassa seca e do índice de área foliar. Na área do evapotranspirômetro, foi coletado apenas o fruto para caracterização de sua produção. Antes da coleta das plantas, foram medidas, com fita métrica graduada em centímetros, as variáveis alturas de planta, medida da base do solo ao comprimento final de todas as folhas da planta em análise, diâmetro da planta, medida pela interseção média de todas as folhas ao longo da fileira de plantas e a altura de inserção do pedúnculo. Então, as plantas tiveram suas partes separadas em folhas, caule, pedúnculo, filhotes e fruto que, em seguida, foram pesados e acondicionadas em saco de papel e colocados em estufa a 65°C, até que se estabelecesse peso seco constante. A área foliar foi obtida, utilizando-se de um integrador de área foliar, modelo Li - 3000 da LI-COR. Foram, também, contabilizados os números de folhas, comprimento da folha, diâmetro do caule, comprimento do caule, comprimento do pedúnculo, diâmetro do pedúnculo, número de filhotes, comprimento dos filhotes. Nessas análises, o comprimento do fruto com coroa, comprimento do fruto sem coroa, comprimento da coroa, diâmetro médio do fruto com casca, número de frutinhos, diâmetro do coração, cor da casca à maturação, cor da polpa, além da percentagem de MS (res. Industrial), SST (Brix) e acidez, foram efetuadas nos frutos da parcela experimental e também nos frutos do evapotranspirômetro.

A partir da matéria seca total e da área foliar foram calculados os seguintes índices fisiológicos, descritos por Benincasa (1988): Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Índice de Área foliar (IAF) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL).

A Taxa de Crescimento da Cultura, TCC foi obtida pela seguinte expressão (Benincasa, 1988):

$$TCC = (P_2 - P_1)/(T_2 - T_1) \quad (3.19)$$

onde P_1 e P_2 representam o peso da matéria seca (em gramas) de duas amostragens sucessivas, em um intervalo de tempo T_1 e T_2 (quatro semanas).

A Taxa de Crescimento Relativo, TCR expressa em grama por grama versus dias (g/g/dia), foi obtida pela expressão (Benincasa, 1988):

$$TCR = (\ln P_2 - \ln P_1)/(T_2 - T_1) \quad (3.20)$$

A Taxa de Assimilação Líquida - TAL (g cm⁻² dia) foi obtida à partir da expressão (Benincasa, 1988):

$$TAL = (P_2 - P_1) \times (\ln A_2 - \ln A_1) / (T_2 - T_1) \times (A_2 - A_1) \quad (3.21)$$

em que A_1 e A_2 compreendem a área foliar (m²) média das plantas coletadas nos dias T_1 e T_2 . Já O Índice de área foliar, IAF foi determinado pela razão entre a área foliar total em m² (AF), média de 3 plantas e a área do solo correspondente à amostra (m²):

$$IAF = AF / \text{área do solo sombreado pela planta} \quad (3.22)$$

A classificação dos frutos colhidos foi avaliada segundo os padrões de recomendações metodológicas descritos por Vilar (2000).

A obtenção dos sólidos solúveis totais (SST), acidez, percentagem de suco e percentagem de polpa, foi realizada pela Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), Estação de Sapé.

A confecção dos gráficos apresentados como resultados foram gerados a partir de planilhas do programa computacional EXCEL e, em particular, para as taxas de crescimento do cultivo, pelo programa computacional "Jandel Scientific".

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises que envolveram as medições micrometeorológicas, compreenderam o período de 10/08/2001 (DAP¹ = 140) a 27/06/2002 (DAP = 461), enquanto as análises de morfologia e fenologia ocorreram entre os DAP 56 e 448.

4.1 - Condições meteorológicas durante os trabalhos de campo

Valores médios diários obtidos no período de 10/08/2001 a 27/06/2002, permitiram caracterizar as condições meteorológicas do local do experimento em termos de temperatura do ar (Tar) (°C), umidade relativa do ar (UR) (%), velocidade do vento (Vv) (m/s), e radiação solar (Rg) (MJ/m²/dia), (Figura 4.1 (a) a (d)). No Quadro 4.1 (a) encontram-se os valores médios, por fase, dessas variáveis meteorológicas acima descritas, enquanto nos Quadros 4.1 (b) e (c), são apresentados os dias e a quantidade, respectivamente, das precipitações pluviométricas registradas na campanha experimental.

Na Figura 4.1 (a), observa-se que os valores médios diários da temperatura mínima variaram entre 18,81°C e 24,50 °C, ambas na fase de desenvolvimento vegetativo; a temperatura máxima, entre 23,56 °C, na fase de colheita, e 34 °C, na fase de desenvolvimento vegetativo; enquanto os valores da temperatura média, oscilaram entre 22,99 °C, na fase de colheita, e 29,23 °C, na de desenvolvimento vegetativo. De acordo com a Figura 4.1 (b) os valores médios diários da umidade relativa mínima variou entre

¹ DAP – Dias após o plantio

39,4 %, na fase de florescência /queda de flores, e 92,5 % na fase de formação do fruto; a máxima entre 87,9 % e 96,7 %, ambas na fase de desenvolvimento vegetativo; e a umidade relativa média, entre 65 %, na fase de desenvolvimento vegetativo, e 93,8 % na fase de colheita. Os valores médios diários da velocidade do vento oscilaram entre 0,43 m/s, como o valor mais baixo e 3,8 m/s, como o valor mais alto (Figura 4.1c). A radiação global diária, Figura 4.1 (d), atingiu um valor mínimo de 4,73 MJ/m² e o valor máximo de 29,08 MJ/m². No Quadro 4.1(a) encontram-se os valores médios obtidos por fase do cultivo da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação global. Para a Tar, as médias das mínimas variaram de 21,36 °C, na fase de desenvolvimento vegetativo, a 22,53 °C, na fase de florescência/queda de flores, com média de 21,83 °C, durante todo o ciclo do cultivo; as médias das máximas variaram de 28, 89 °C, na fase de colheita, a 32, 57 °C na fase de formação do fruto, com 31,27 °C de média e a temperatura média, obtida para todo o ciclo do cultivo foi de 26,55 °C. Também se observa através do Quadro 4.1 (a), que as maiores médias por fases do cultivo, para Tar e UR, ocorreram nas fases de florescência/queda de flores, não ocorrendo o mesmo para os valores de Vv e a Rg foi maior, em média, na fase de desenvolvimento vegetativo.

No Quadro 4.1 (b) são apresentados os dias em que ocorreram precipitações e irrigações. Ressalta-se, entretanto, que os valores compreendidos para as precipitações entre os dias 23/03/2001 a 09/08/2001, foram contabilizados da seguinte forma: mês de março (9 dias) = 37,3 mm; abril = 167,90 mm; maio = 23,30 mm; junho = 113 mm; julho = 107 mm; agosto (9 dias) = 7,6 mm. Considerando as afirmações anteriores, a pluviosidade alcançada nos meses que antecederam as medições meteorológicas propriamente ditas foi de 456,10 mm e, durante as medições, de 1.000 mm. As irrigações contribuíram com 191 mm, resultando em todo o ciclo do cultivo do abacaxi numa lâmina d'água de 1.647,00 mm.

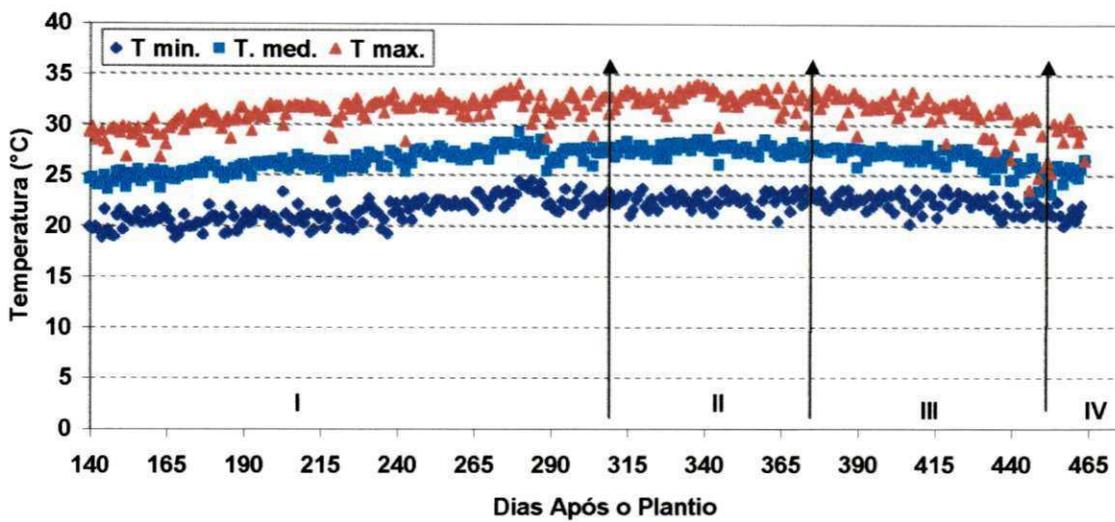


Figura 4.1a - Comportamento da temperatura do ar (mínima, máxima e média) durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002

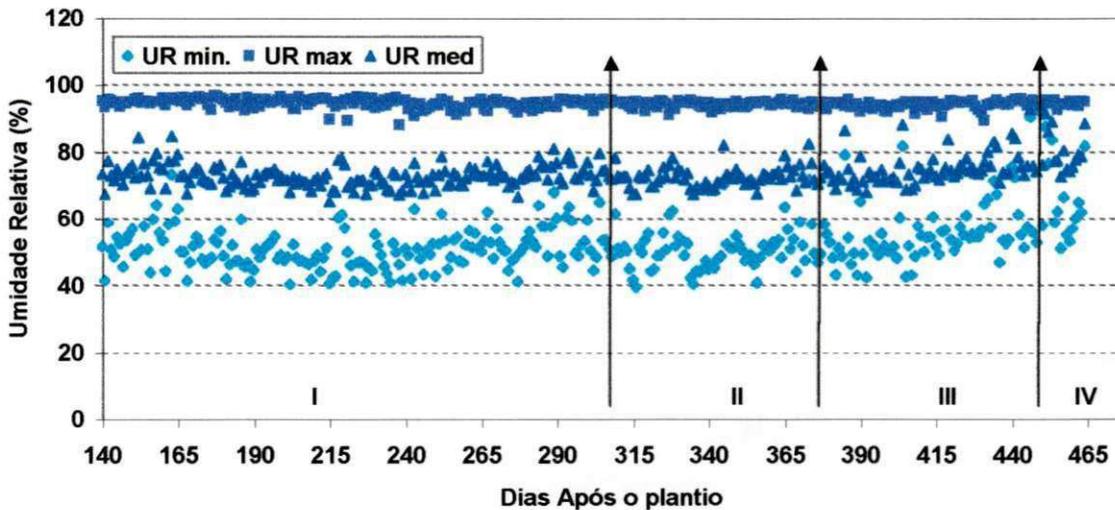


Figura 4.1b - Comportamento da umidade relativa do ar (mínima, máxima e média) durante o experimento com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002

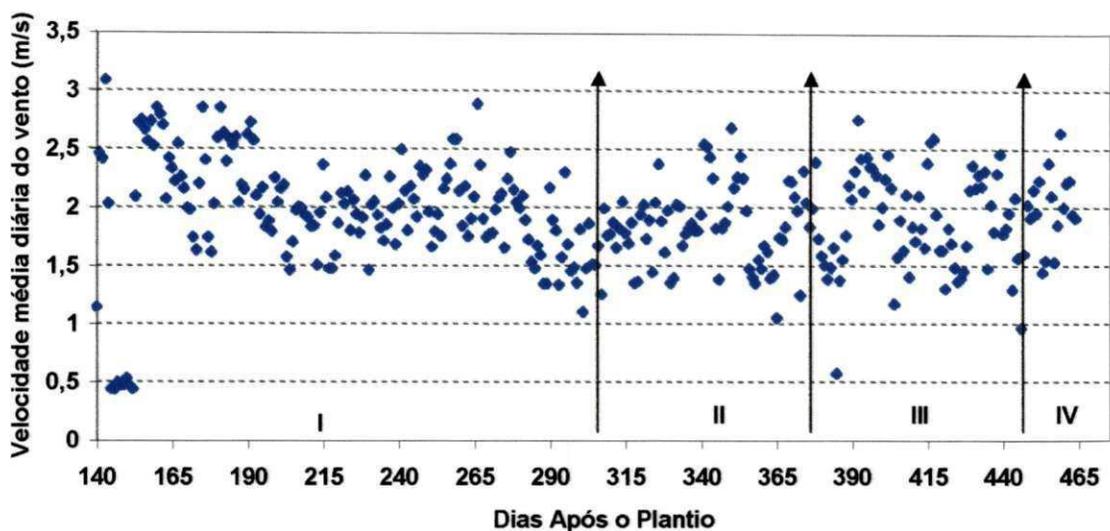


Figura 4.1c - Comportamento da velocidade do vento a 2m da superfície durante o experimento com o abacaxizeiro, cv.Pérola, em Santa Rita – PB, 2001/2002

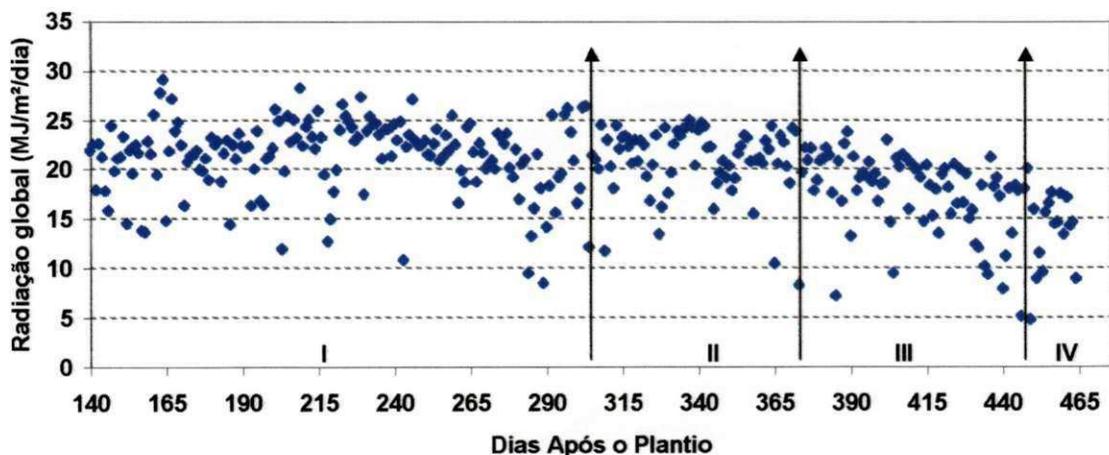


Figura 4.1d - Comportamento da radiação solar (global), durante o experimento com o abacaxizeiro, cv.Pérola, em Santa Rita – PB, 2001/2002

Quadro 4.1.a - Valores médios diários das variáveis meteorológicas para cada fase do cultivo do abacaxizeiro cv.Pérola, em Santa Rita – PB, 2001/2002

Fases do cultivo	Temperatura (T) °C			Umidade Relativa (UR) %			Velocidade do Vento (VV) m/s	Radiação solar global (Rg) MJ/m ²
	min	max	med	min	max	med		
Desenvolvimento vegetativo	21,36	31,05	26,21	50,57	94,07	72,32	1,96	21,28
Florescencia/Queda de flores	22,53	32,57	27,55	56,76	93,99	75,38	1,84	20,86
Formação do fruto	22,27	30,97	26,62	62,88	94,32	78,60	1,89	17,13
Colheita	21,58	28,89	25,23	62,80	94,30	78,80	1,98	14,51
Ciclo total	21,83	31,27	26,55	52,58	94,25	73,41	1,92	19,98

Quaro 4.1 (b) – Dias em que ocorreram as observações meteorológicas, durante o experimento com abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bomfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2001	Ago										222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
	Set	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
	out	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
	Nov	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
	dez	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365
2002	Jan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Fev	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
	Mar	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	Abr	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
	Mai	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
	Jun	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	

Quaro 4.1 (c) – Dias em que ocorreram as precipitações pluviométricas ou irrigações em (mm), durante o experimento com o abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bomfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total			
2001	Ago										0			7					5,8	1	2	3,2		3,3	3,9						1,6			27,8		
	Set	16	7	3,5																		1,4			5,7							1,6			35,2	
	Out												2,7						1,1		2,3							8,2	1,6					15,9		
	Nov							1,7	8,9	1,2									3,4			7											2,6			24,8
	Dez						5,5	2,4	4,4				16		3												1,4	5,4	1	2,7					48,8	
2002	Jan	6,7	1,5		7,5	50			1,8	15	1,5	2	3,4				3	2,5		1,3		3,6			3,1	1	18				1,3			123,2		
	Fev			43					3,2		58			2,3	4,2					2,4		1													114,1	
	Mar		7,2	5			17	26					3,3						2	14	14,2			9,5	10				4,1	11			46	169,3		
	Abr	1		2,5	3,4					6,5		3,5			4,7				5,3		11	7,2						1,9				1,1			48,1	
	Mai	20				16	25			2,7		2,2				3,5	1,3					22	5,1					3,4				5,6		23	129,8	
	Jun	7,4			2,7		39	40		7,5		2,7	20	5,3	95	7,7	29																			256,3

≈ 1000

4.2 - Caracterização agronômica do cultivo

Nas Figuras 4.2 ((a) a (e)) estão representados as fases fenológicas do abacaxizeiro cultivados em Santa Rita, PB, período de março de 2001 a junho de 2002. O ciclo vegetativo foi dividido em 4 fases: Inicial = 56 dias (tempo propício para a boa “pega” das raízes, bem como melhor fixação inicial da fotossíntese pelas folhas) + Crescimento vegetativo pleno (período marcado pela formação do caule e folhas, sendo esta fase dividida em duas sub-fases, à partir de 140 DAP: sub-fase I1, 140 a 224 DAP e sub-fase I2, 225 a 308 DAP)) = 252 dias; Florescência/queda de flores = 70 dias; Formação do fruto = 75 dias, e Colheita. As mudas foram plantadas em 23/03/2001 e a colheita iniciou-se em 18/06/2002.



Figura 4.2a – Plantas em estágio inicial: 23/03/2001 a 18/05/2001 = 56 dias.



Figura 4.2b – Plantas em estágio de crescimento vegetativo pleno: 19/05/2001 a 25/01/2002 = 252 dias.



Figura 4.2c – Plantas em estágio de florescência: 26/01/2002 a 08/03/ 2002= 42 dias, e
Queda de flores: 09/03/2002 a 04/04/2002 = 27 dias.



Figura 4.2 d - Plantas em estágio de formação do fruto: 05/04/2002 a 18/06/2002 = 75 dias.



Figura 4.2e – Plantas em estágio de colheita: a partir de 18/06/2002.

4.3 - Balanço de Radiação

Para todo o ciclo, bem como para médias semanais do cultivo do abacaxizeiro, foram analisadas as seguintes componentes do balanço de radiação: radiação solar (R_g), saldo de radiação (R_n), balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL) e radiação refletida (R_r), sendo excluído das análises, dias totalmente nublados e/ou com ocorrência de precipitações. Os referidos componentes foram plotados nas Figuras 4.3 (a) e (b).

a) Radiação solar (R_g)

A radiação solar, R_g , durante todo o período de observações, foi a componente de fluxo de radiação de maior magnitude, apresentando, entretanto, uma acentuada variabilidade, em função dos dias em que ocorreram média e baixa nebulosidade. Os valores médios semanais da radiação solar ficaram entre $17,3 \text{ MJ.m}^{-2}$ e $24,1 \text{ MJ.m}^{-2}$, nas fases de colheita e de crescimento vegetativo, respectivamente. De acordo com Fontana (1987), citado por Cunha et al. (2000), os valores da radiação solar diária em Taquari, RS, variaram de $10,0 \text{ MJ.m}^{-2}$ e $27,2 \text{ MJ.m}^{-2}$. Em Okinawa, Japão, Shiroma (1971), registrou ocorrência da R_g , no cultivo de abacaxizeiro durante o verão, de 10 a 20 MJ.m^{-2} . As médias semanais, no entanto, se situaram entre $8,5 \text{ MJ.m}^{-2}$ a $24,1 \text{ MJ.m}^{-2}$.

b) Radiação solar refletida (R_r) e Albedo

A média semanal de R_r diária variou entre $2,72 \text{ MJ.m}^{-2}$ e $3,1 \text{ MJ.m}^{-2}$, sendo a componente que apresentou os menores valores absolutos durante o ciclo do cultivo. De acordo com Almeida e Reinhardt (1999), as folhas do abacaxizeiro, apresentam na parte inferior, alta reflexão dessa superfície, decorrente da presença de tricomas (pelos de cor prateada), o que, associado ao tipo de arquitetura da planta, tipo roseta, e pelo porte ereto, permitem ventilação adequada e redução no ângulo de incidência dos raios solares, resultando, então, numa baixa carga térmica. Essas características resultam em albedos da faixa de 0,14 a 0,16 nos meses de 1 a 16 após plantio das mudas (Shiroma, 1973; Combres, 1983; Maleziéux, 2002). Os resultados apresentados por esses autores, podem ser comparados aos valores que foram encontrados neste trabalho. Na Figura 4.3.c, verifica-se que a maioria dos valores obtidos para todo o ciclo da cultura, encontra-se na faixa de variação de 0,14 a 0,15,

apresentando um valor máximo de 0,15 (fase de crescimento vegetativo e colheita, respectivamente), mínimo de 0,13, fase de crescimento vegetativo e médio para todo o ciclo de 0,14. Na Figura 4.3.d, encontram-se os valores da variação diária do albedo para todo o ciclo do cultivo. De acordo com essa figura, os maiores valores foram detectados ao amanhecer (6 h) e ao final da tarde (18 h), com 20% e 19,2%, respectivamente, enquanto o menor valor foi detectado às 11h40, com 13,2%. Valores de albedo (%) para a cultura do Arroz = 12; Algodão = 20 a 22; Milho = 16 a 23; Abacaxi = 15; entre outras, foram relatados por Rosenberg et al. (1983), Vianello & Alves (1991) e Pereira et al. (2002).

c) Balanço de radiação de ondas curtas e longas (BOC, BOL)

Os valores obtidos para a média semanal do balanço de radiação de ondas curtas e de onda longas estão inseridos na Figura 4.3.b. Nessa figura, verifica-se que o balanço de radiação de onda curta variou entre 14,58 MJ.m⁻² aos 461 DAP e 20,74 MJ.m⁻² aos 230 DAP, sendo uma função da radiação solar que, por sua vez, depende do grau de cobertura do céu. Os valores da perda líquida de radiação de onda longa pela superfície variaram de 2,72 MJ.m⁻², na fase de crescimento vegetativo, e de 3,3 MJ.m⁻² na fase de formação do fruto.

d) Saldo de radiação (Rn)

Valores médios semanais de Rn estão inseridos na Figura (4.3.b). Seus valores variaram entre 10,46 MJ.m⁻², fase de colheita para 15,43 MJ.m⁻², fase de crescimento vegetativo e seus valores ao longo do ciclo acompanham a variação da radiação solar. A literatura que trata o tema é extensa, entretanto, cita-se os trabalhos publicados por Azevedo (1997), o qual trabalhou com o cultivo do melão em áreas irrigadas, Teixeira et al. (1997), que analisou essa variável no cultivo da videira, em Petrolina, PE, Galvão (1999), em estudos com vegetação da floresta Amazônica e Moura (2001), com o cultivo da goiabeira irrigada em Petrolina, PE.

De acordo com as considerações acima, durante todo o ciclo do cultivo Rg, BOC, Rn, BOL e Rr, contabilizaram, respectivamente, 5.661,00; 4.852,50; 3.571,38; 1.288,30 e 808,51, todos em MJ.m⁻².

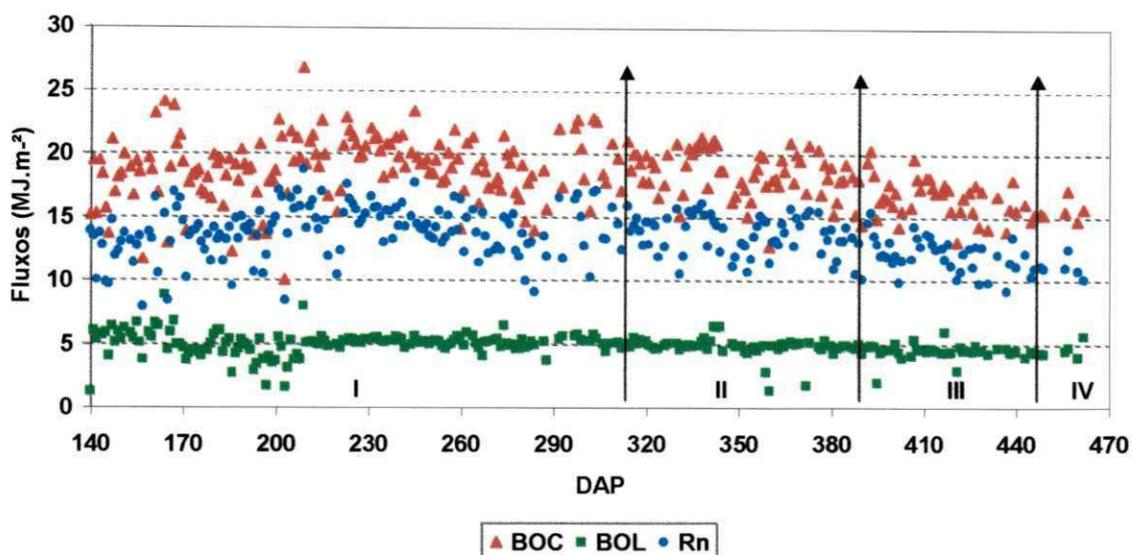


Figura 4.3.a – Comportamento dos componentes do balanço de radiação, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

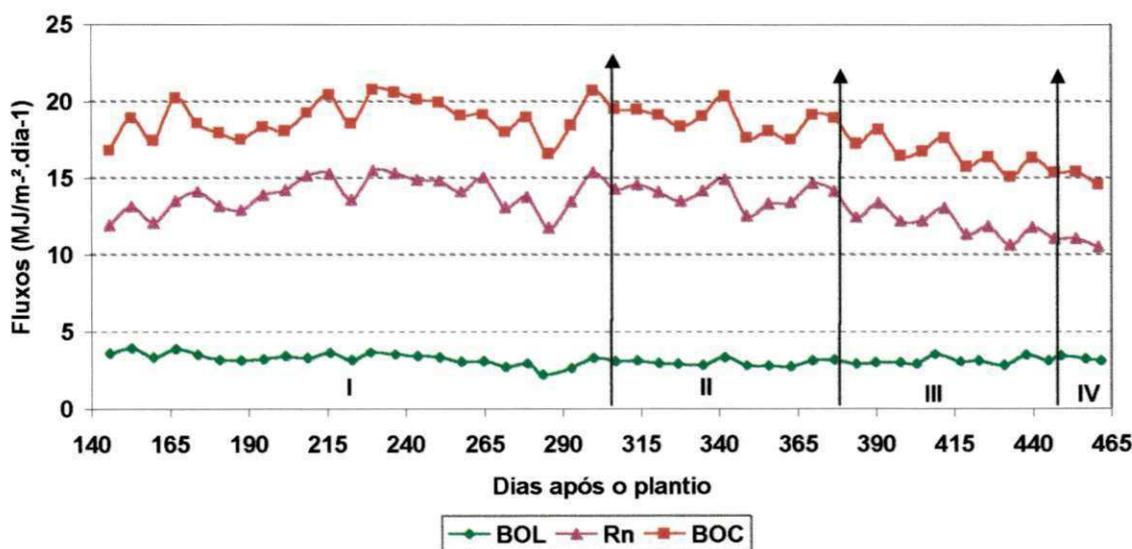


Figura 4.3.b – Comportamento dos componentes do balanço de radiação, com médias semanais, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

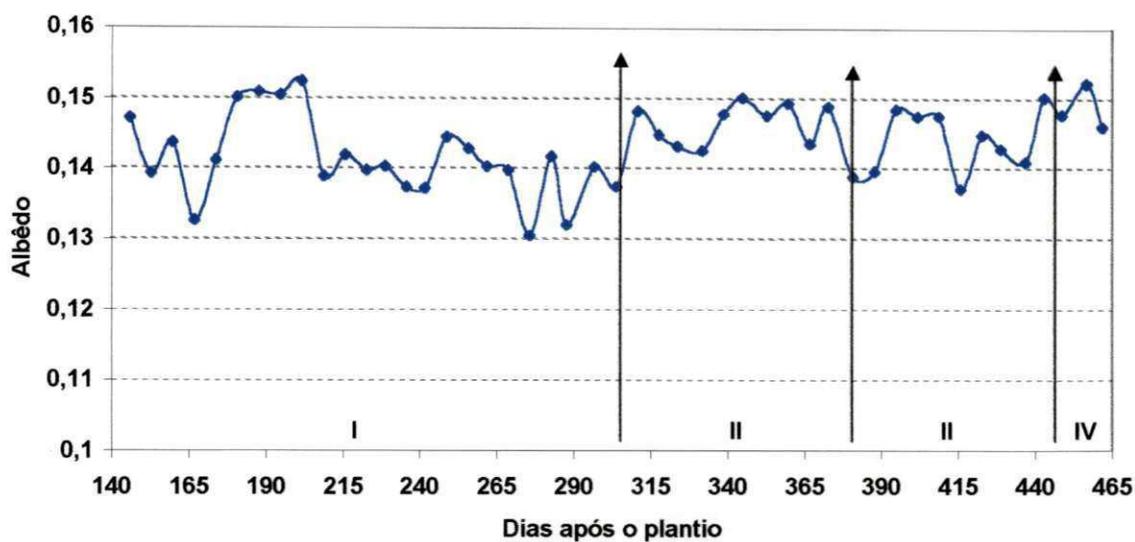


Figura 4.3.c - Comportamento do albedo para média de 7 dias, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

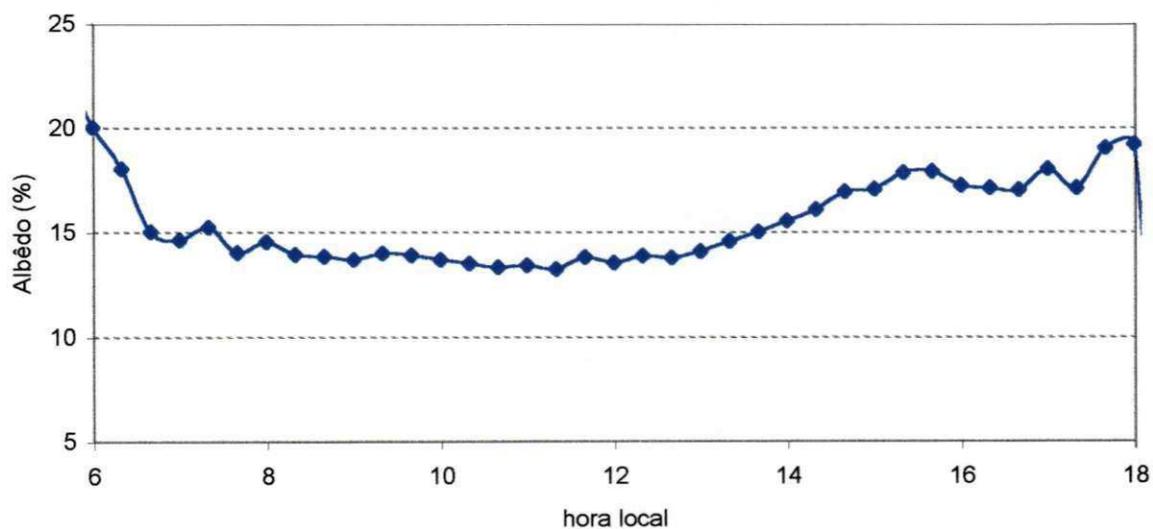


Figura 4.3.d - Comportamento médio diário do albedo horário, durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

4.4 - Balanço de Energia Baseado na Razão de Bowen

4.4.1 - Comportamento dos componentes do balanço de energia para dias selecionados de cada fase de desenvolvimento do abacaxizeiro

As análises do balanço de energia compreendem o período de 10 de agosto de 2001 (DAP - 140) a 27 de junho de 2002 (DAP = 461), onde não foram considerados os dias com ocorrências de chuvas durante o período diurno, bem como aqueles com céu totalmente nublado.

O saldo de radiação (R_n) foi repartido em fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G). Durante todo o ciclo, o cultivo manteve-se bem abastecido de água, seja por chuvas ou irrigações suplementares. As análises para LE, H e G foram obtidas para o intervalo de tempo no qual R_n foi positivo conforme proposto por Heilman & Brittin (1989), Prueger et al. (1997), Moura (2001) e Silva (2000). Procedeu-se as correções na “planilha base”, onde foram ajustados alguns dias de medições, mais especificamente aos valores de saldo de radiação (R_n) e temperatura úmida, este último como parte do conjunto psicrométrico. Para ajustes no saldo de radiação, em horários específicos e entre os dias 159 DAP e 179 DAP, utilizou-se a equação: $R_n = 66,31R_g - 56,92$ ($W.m^{-2}$), enquanto, em alguns dias, foram realizados ajustes aos valores da temperatura do bulbo úmido em alguns dos dois psicrômetros utilizados. Para tanto, considerou-se o comportamento de T_u e as leituras da umidade relativa do ar, obtido no abrigo agrometeorológico instalado próximo aos psicrômetros. Esses ajustes ocorreram apenas em dias que foi constatada a quebra na curva da T_u , resultante de análise sobre todos os dias de campanha experimental.

Neste estudo, para se analisar o balanço de energia em dois dias específicos, considerou-se como dias de média nebulosidade, aqueles em que R_n permaneceu com valores entre $400 W.m^{-2}$ e $500 W.m^{-2}$, nos horários de 9h às 15h; enquanto para os dias de baixa nebulosidade, e nos mesmos horários anteriormente citados, $R_n \geq 500 W.m^{-2}$. Silva (2000) estabeleceu três faixas de demanda evaporativa, em função dos valores médios para o período de vinte dias do saldo de radiação a) abaixo de $250 W.m^{-2}$, dia de alta nebulosidade, b) dia caracterizado por nebulosidade média, $250 W.m^{-2} < R_n < 350 W.m^{-2}$ e c) $R_n \geq 350 W.m^{-2}$, caracterizada por pouca ou nenhuma nebulosidade. No presente estudo foi analisado, também, o comportamento diário dos componentes do balanço de energia (R_n , LE, H e G) para todo o ciclo de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, incluindo-se dias de média e de baixa nebulosidade. A análise de dias específicos

de média e baixa nebulosidade pode ser observada nas Figuras 4.4 (a) a 4.4 (g), enquanto o comportamento médio dos valores instantâneos para todo o ciclo do cultivo, está representado na Figura 4.4 (h).

Uma das características observadas para a área do experimento, durante todos os dias, destinados às análises é a presença marcante de nebulosidade. De acordo com a Figura 4.4.a, correspondente à fase de crescimento vegetativo pleno, os componentes do balanço de energia (BE) alcançaram os seguintes valores: R_n 716,89 $W.m^{-2}$, LE, 550,51 $W.m^{-2}$, e G e H, ambos, aproximadamente 91,12 $W.m^{-2}$, no horário de 12h. Durante as primeiras horas da manhã e ao entardecer, observa-se que LE se equipara a R_n e a diferenciação ocorre a partir das 8h, mantendo-se assim até às 15h30. Visualmente, embora com valores diferentes, G e H, seguem o curso diurno de forma semelhante. Os componentes do balanço de energia para esse dia foram: R_n 14,32 $MJ.m^{-2}$ LE, 11,33 $MJ.m^{-2}$, H, 1,57 $MJ.m^{-2}$ e G, com 1,42 $MJ.m^{-2}$. Por sua vez, a relação entre cada componente e a sua relação com o saldo de radiação foram: $LE/R_n = 0,79$; $H/R_n = 0,10$ e, $G/R_n = 0,09$. Constatou-se para esse dia, então, que a maior quantidade de energia disponível foi utilizada no processo evapotranspirativo do cultivo.

Em 20/01/2002, Figura 4.4.b, LE seguiu o curso diário da R_n . Este dia marca a passagem de nuvens rápidas sobre os instrumentos de medição. Nessa Figura, bem como nas demais que se sucedem, o comportamento dos componentes do BE, nas primeiras horas da manhã e ao entardecer são sobrepostas, decorrentes da estabilidade atmosférica, onde a instrumentação não conseguiu captar essa diferenciação. As inversões do sinal do saldo de radiação prolongaram-se entre 5h40 – 7h40 e 15h40 – 18h40. Nos horários de 9h40 às 14h30 h, LE se diferencia de R_n , e os maiores valores obtidos nesse dia para os componentes do BE foram: $R_n = 807,66 W.m^{-2}$, LE = 633,14 $W.m^{-2}$, H = 113,10 $W.m^{-2}$ e G = 84,85 $W.m^{-2}$, alcançado por volta das 12h40. Nessa fase de crescimento vegetativo pleno e mais especificamente nesse dia, o cultivo já havia alcançado um índice de área foliar da ordem de 7. Observa-se, então, em função dessa cobertura foliar sobre o solo, G tornar-se menor e H, então, tem uma ligeira superioridade sobre G, durante o período diurno. A totalização diária dos fluxos foi a seguinte: 17,15 para R_n , 13,68 em LE, H = 1,57 e, G = 1,42, todos em $MJ.m^{-2}$ e as relações LE/R_n , H/R_n e G/R_n foram de 0,79, 0,09, 0,08, respectivamente. G, nesse dia, representou a menor fração dos componentes do balanço, enquanto LE representou o maior consumo relativo.

O monitoramento diário do experimento, possibilitou observar que as precipitações ocorreram com maior intensidade no período da madrugada, enquanto, durante o dia, a variabilidade da nebulosidade foi mais freqüente. O dia 06/03/2002, representante da fase de florescência/queda de flores, Figura 4.4.c é típico com essas características. Os valores instantâneos médios diários dos componentes do BE mantêm as mesmas proporções do curso de R_n , não obstante a marcante variabilidade horária, especialmente de 09h00 às 11h40. A componente do solo, G , manteve-se bem distribuída durante todo o dia, apresentando os menores valores de fluxos, $41,47 \text{ W.m}^{-2}$. Os maiores valores obtidos de R_n , LE e H foram, respectivamente, $601,51$, $377,42$ e $188,71 \text{ W.m}^{-2}$; as densidades de fluxos diárias foram: $R_n = 12,99$, $LE = 8,51$, $H = 3,67$ e $G = 0,81 \text{ MJ.m}^{-2}$. Esses valores representaram, então, $0,65$ da relação LE/R_n , $0,28$ H/R_n e $0,06$ G/R_n .

Ainda na fase de florescência/queda de flores, dia 29/03/2002 (Figura 4.4.d) logo após um dia com chuva de 11 mm, foram obtidos valores totais diários de $15,59$ para R_n , $11,37 \text{ MJ.m}^{-2}$ para LE , $H = 3,58 \text{ MJ.m}^{-2}$ e, $G = 0,64 \text{ MJ.m}^{-2}$, o que resultaram em LE/R_n , H/R_n e G/R_n iguais a $0,72$, $0,22$ e $0,04$, respectivamente. R_n alcançou o seu valor máximo, às 10h, com 750 W.m^{-2} , enquanto LE às 11h, com $614,76 \text{ W.m}^{-2}$. Nesse dia, as curvas dos fluxos foram assimétricas, com características bastante diferenciadas para a parte da manhã em relação à tarde. Pela manhã, verifica-se maior atuação da nebulosidade e, nas primeiras horas, em face da estabilidade atmosférica não permitiram que os psicrômetros registrassem gradientes de temperaturas adequadas para determinação de H e LE , o que foi constatado, também, por Soares (2003).

De acordo com a seqüência das fases em análise para o cultivo do abacaxi, após a fase de florescência/queda de flores ocorre a fase da formação dos frutos. O dia típico, sob condições de média nebulosidade convencionada para o estudo do BE, nesta fase, foi 30/05/2002 (Figura 4.4.e). Nesse dia, observou-se que a presença de alta nebulosidade contribuiu para uma variação no saldo de radiação (R_n), o qual foi acompanhado pelo fluxo de calor latente e pelo fluxo de calor sensível; enquanto o fluxo de calor no solo se apresentou muito mais estável ao longo do dia, o que pode ser explicado pelo fato do cultivo cobrir totalmente o solo. Ocorreram precipitações no dia que antecedeu essas análises de 5,6 mm, estando o solo bem abastecido de água. Como já comentado, a caracterização da inversão radiativa é observada nas primeiras horas da manhã e no período da tarde. R_n e LE alcançaram os maiores valores horários às 12h, com 568 W.m^{-2} e $442,35 \text{ W.m}^{-2}$, respectivamente. Os fluxos totais contabilizados diariamente

foram: $R_n = 11,37$, $LE = 8,98$, $H = 1,96$ e $G = 0,43$, todos em MJ.m^{-2} . As proporções LE/R_n , H/R_n e G/R_n foram, respectivamente iguais a 0,78, 0,17 e 0,03.

Para o dia 02/06/2002, baixa nebulosidade (Figura 4.4.f), observa-se uniformidade nas curvas, salvo a variação ocorrida no R_n entre 11h40 a 12h40, que foi acompanhado por LE e H . No horário diurno, H se mostra bem maior que G , enquanto a evapotranspiração do cultivo aumenta entre 9h e 14h. O maior valor alcançado de R_n foi às 11h40 de $633,05 \text{ W.m}^{-2}$ e LE , também nesse horário, de $476,27 \text{ W.m}^{-2}$. Nesse dia, as integrações das densidades de fluxos de energia corresponderam a $13,44 \text{ MJ.m}^{-2}$ para R_n , $10,52 \text{ MJ.m}^{-2}$ para LE , H e G , $2,45$ e $0,47 \text{ MJ.m}^{-2}$, respectivamente e proporções de LE/R_n , H/R_n e G/R_n iguais a 0,78, 0,18 e 0,03.

Em 22/06/2002 (Figura 4.4.g), os frutos já estavam sendo colhidos e nessa ocasião, embora não tendo ocorrido chuvas, a presença de nebulosidade foi bastante pronunciada. No período diurno, a componente fluxo de calor no solo é muito baixa e uniforme, o que não ocorreu com a componente H . Por sua vez, LE segue o curso normal da R_n entre 7h30 e 10h40, diferenciando-se após esse horário. As maiores densidades de fluxos foram alcançadas por R_n e LE , com $580,74 \text{ W.m}^{-2}$ e $453,10 \text{ W.m}^{-2}$, respectivamente, por volta das 11h. O balanço total de energia contabilizou $10,74$ para R_n , $8,74$ para LE , H e G com $1,71$ e $0,29$, respectivamente, todos em MJ.m^{-2} e as proporções LE/R_n , H/R_n e G/R_n , foram iguais a 0,81, 0,16 e 0,02.

Na figura 4.4.h, nos horários em que R_n foi positivo, G e H seguem contornos semelhantes, embora com valores diferentes. A componente LE , durante o ciclo, apresentou-se como a que mais utilizou da energia disponibilizada por R_n para os processos evapotranspirativos, estando seus valores expostos na Tabela 4.4.d.

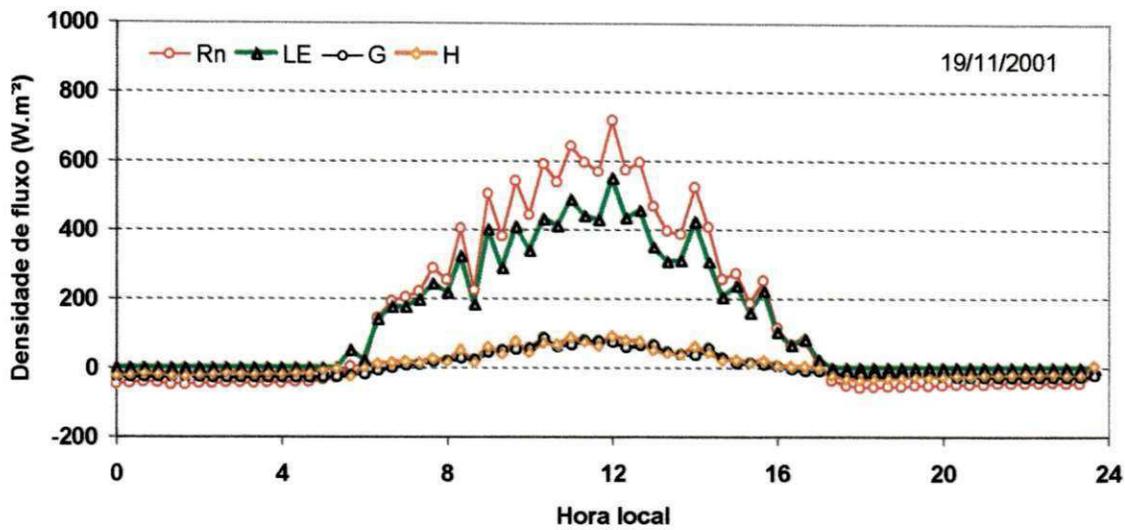


Figura 4.4.a - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de crescimento vegetativo pleno no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

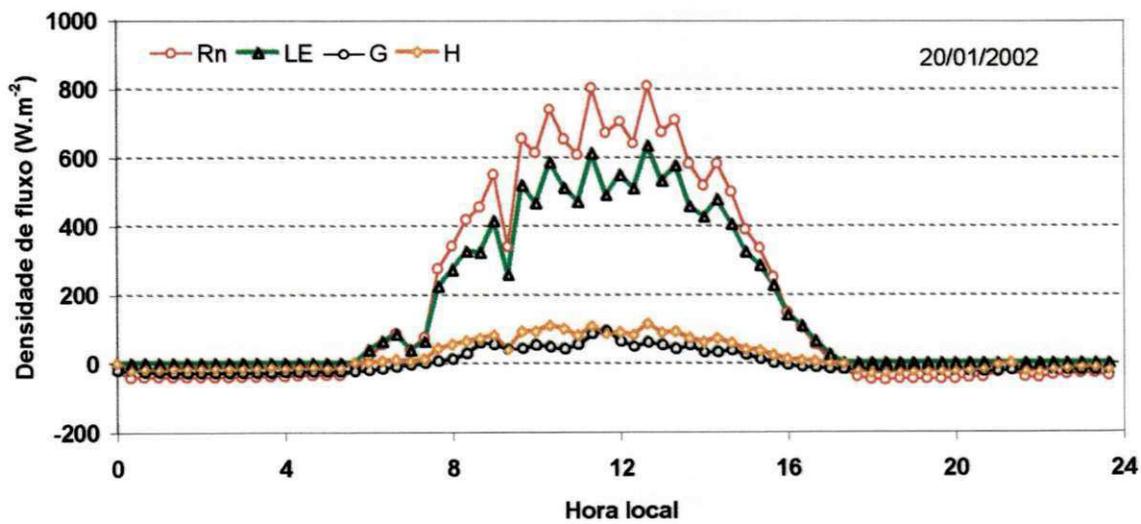


Figura 4.4.b - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de crescimento vegetativo pleno no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

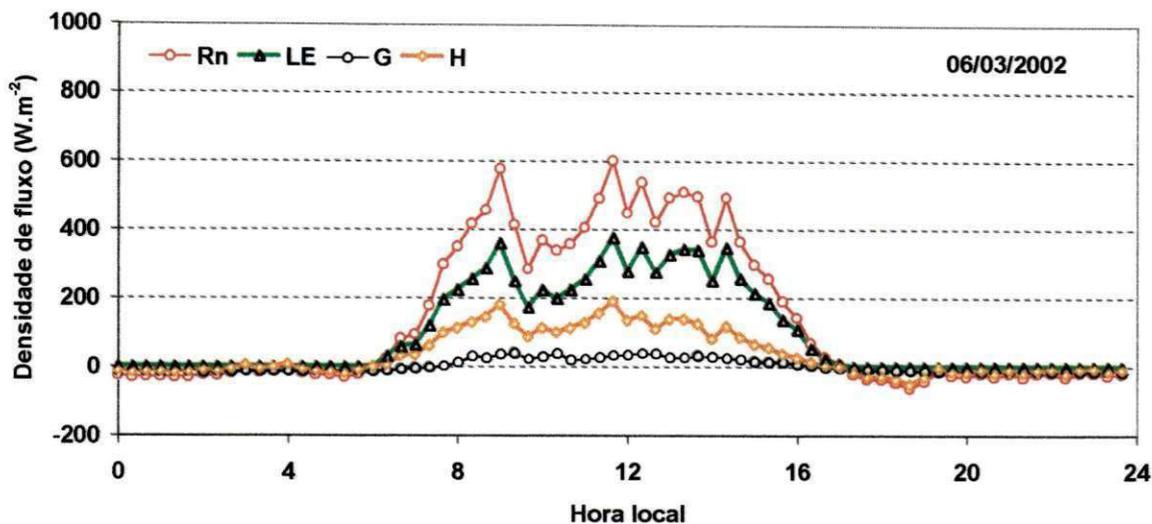


Figura 4.4.c - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de florescência/queda de flores no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

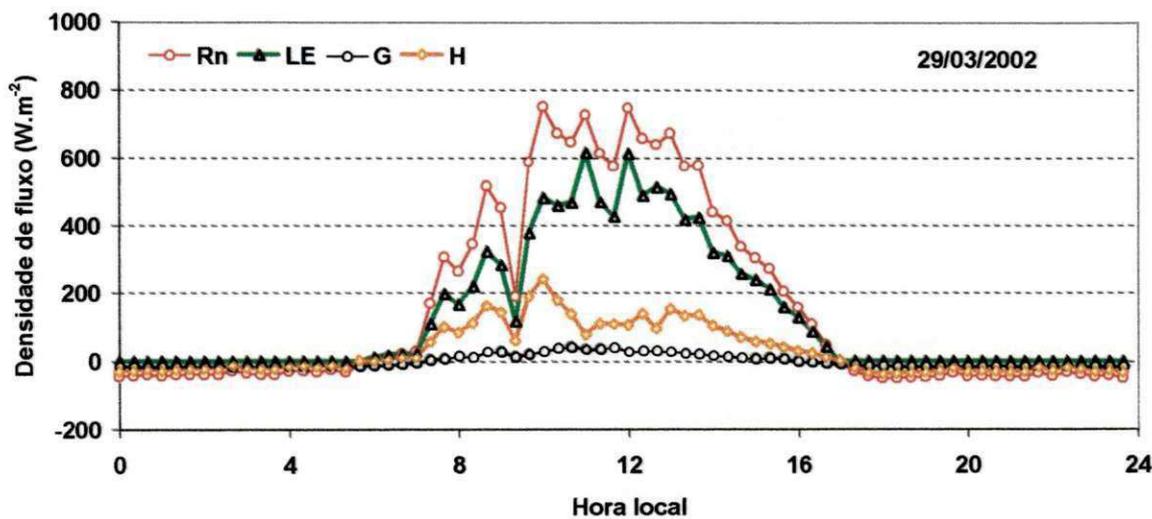


Figura 4.4.d - Comportamento dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de florescência/queda de flores no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

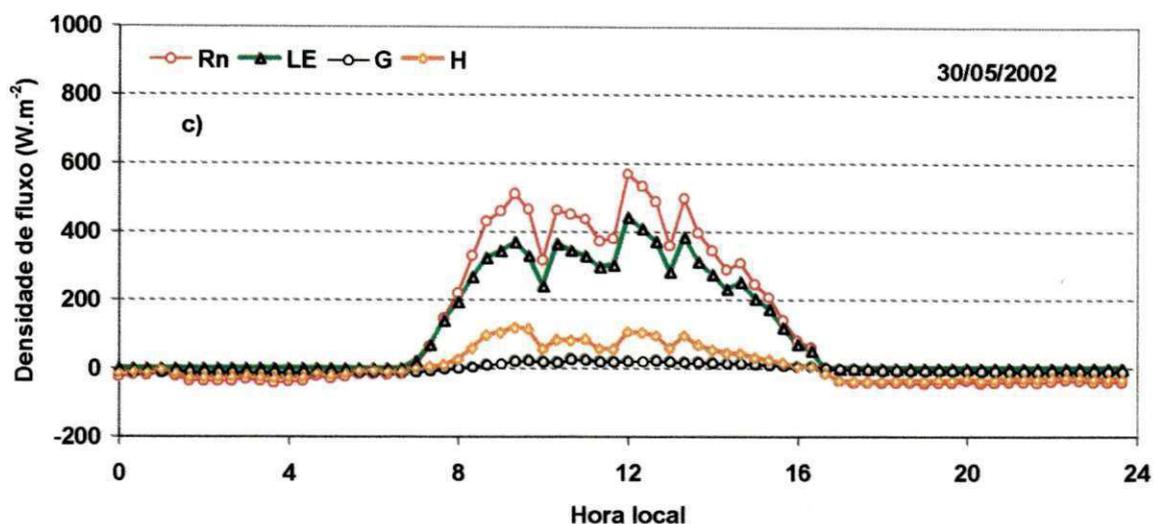


Figura 4.4.e - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de formação do fruto no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

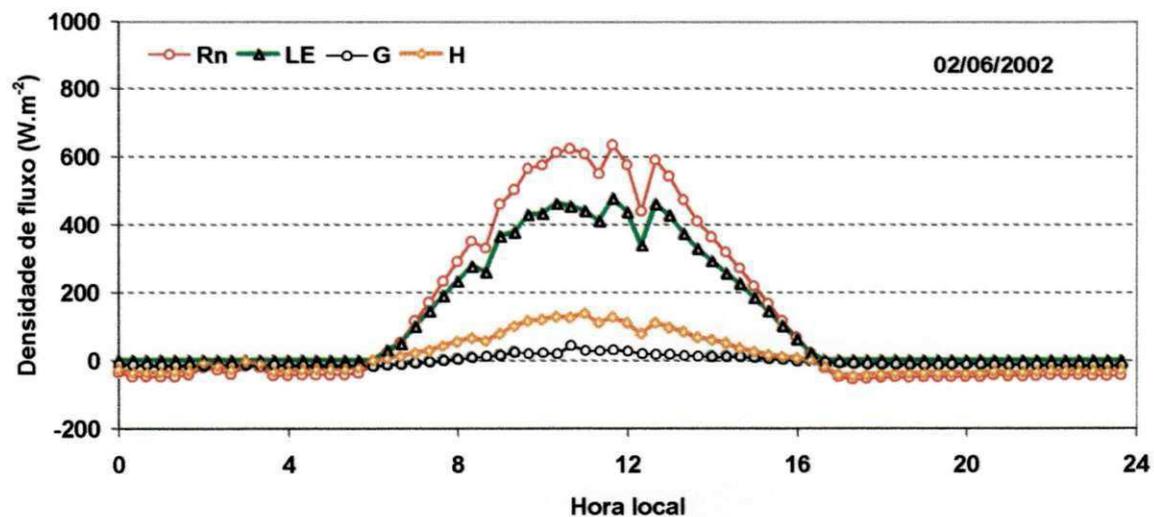


Figura 4.4.f - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de baixa nebulosidade na fase de formação de fruto no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/2002

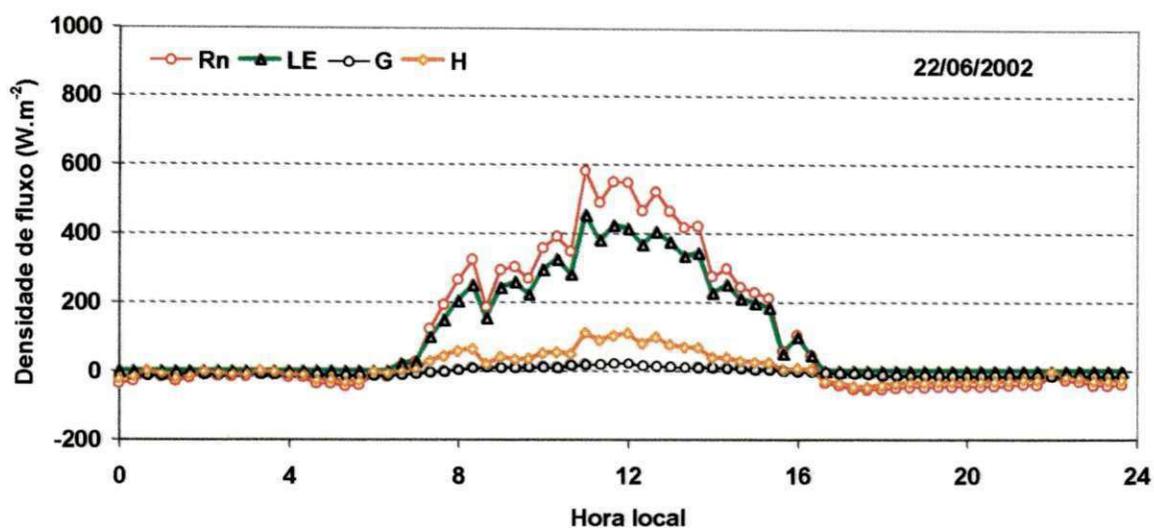


Figura 4.4.g - Comportamento diário dos componentes do balanço de energia em dia específico de média nebulosidade na fase de colheita no cultivo do abacaxizeiro em Santa Rita, PB, 2001/200

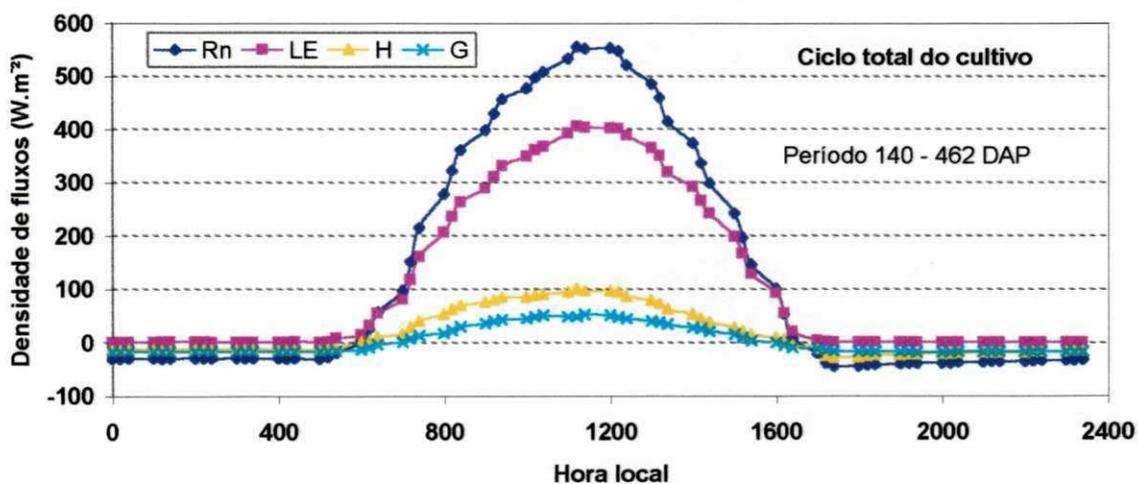


Figura 4.4.h - Comportamento dos valores médio instantâneo dos componentes do balanço de energia para todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, em Santa Rita, PB, 2001/2002

A nebulosidade influencia diversas variáveis atmosféricas. De acordo com a Tabela 4.4.a, pode-se observar, como ilustração, que as variáveis radiação global (Rg), saldo de radiação (Rn), temperatura (T), déficit de pressão de vapor (DPV), velocidade do vento (VV) e umidade relativa (UR), puderam exercer sobre os dias em que ocorreram média e baixa nebulosidade. Observa-se que os maiores valores em Rg e Rn foram obtidos no dia 20/01/2002, enquanto em 22/06/2002, essas variáveis mostraram-se menor. Provavelmente, somados a Rg e Rn, o conjunto das variáveis que compõem esses dias, contribuíram para que fossem obtidas, respectivamente, maiores e menores demandas evapotranspirativas na área experimental.

TABELA 4.4.a - Valores de algumas variáveis atmosféricas para dias típicos do balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv.Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Data	DAP	Rg	Rn ¹	Rn ²	DPV	Vv	T ¹	T ²	T ³	UR ¹	UR ²	UR ³	■
19/11/01	241	22,92	12,38	14,32	1,04	2,49	21,42	31,52	26,47	48,96	92,60	70,78	M
20/01/02	303	26,36	15,44	17,15	1,10	1,86	21,97	33,24	27,61	48,20	94,70	71,45	B
06/03/02	348	20,82	11,72	12,99	1,07	1,87	22,47	32,79	27,63	50,81	93,10	71,96	M
29/03/02	371	24,15	13,78	15,59	1,04	2,09	23,04	32,48	27,76	51,68	94,00	72,84	B
30/05/02	433	18,33	9,61	11,37	0,86	2,18	21,72	31,01	26,37	57,21	94,10	75,66	M
02/06/02	436	21,17	13,3	13,44	1,04	2,02	20,96	31,62	26,29	46,69	94,60	70,64	B
22/06/02	456	17,61	9,04	10,74	0,92	2,1	21,08	29,87	25,48	50,93	94,20	72,57	M

Dias após o plantio (DAP); Radiação solar global, MJ.m⁻².dia (Rg); Saldo de radiação diária e, positivo, MJ.m⁻².dia (Rn¹) e (R²) ; Déficit de Pressão de Vapor, KPa (DPV); Velocidade do vento. m.s (Vv); Temperatura mínima, máxima e média (°C), (T¹), (T²) e (T³); Umidade Relativa (UR%), mínima, máxima e média (UR¹), (UR²) e (UR³); Nebulosidade ■, M (média), B (baixa).

Nas Tabelas 4.4.b e 4.4.c encontram-se quantificados os valores das componentes do balanço de energia, analisados, respectivamente, em dias de média nebulosidade, baixa nebulosidade e para todo o ciclo do cultivo; enquanto na Tabela 4.4.d, encontram-se os horários em que estas componentes alcançaram os maiores valores, nas suas respectivas fases do ciclo do cultivo.

Na Tabela 4.4.b, são apresentados os dias de baixa e média nebulosidade, bem como fases do cultivo, correspondendo as componentes Rn, LE, H e G. Em dias de média nebulosidade, as componentes Rn, LE e G, foram maiores em 19.01.2001. Entretanto, durante o ciclo, Rn foi maior na fase de Florescência/queda de flores, em

comparação às demais fases. H na fase de florescência/queda de flores e, LE, na fase de Cresc. Veg. pleno. Para dias de baixa nebulosidade, em dias específicos, as componentes Rn, LE e G foram maiores em 20.01.2002. Durante a fase de Cres. Veg. pleno observa-se uma pequena variação do valor de G sobre os valores de H, provavelmente, decorrentes dos maiores números de dias, dentro dessa mesma fase, em que o solo ficou descoberto, onde o cultivo não tinha atingido maiores valores do índice de área foliar. Os valores médios para as componentes do balanço de energia, em MJ.m⁻², para todo o ciclo do cultivo foi 12,09, 8,97, 2,00 e 0,88, respectivamente, para Rn, LE, G e H. Na Tabela 4.4.c, observa-se que o maior consumo de energia em relação a componente Rn, foi a da componente LE, tanto em dias específicos da fase de crescimento vegetativo, bem como, dentro dessa mesma fase, durante todo o ciclo do cultivo. Durante o ciclo do cultivo, os menores valores das relações de proporções LE/Rn, H/Rn e G/Rn são atribuídos ao curto período de dias em que foram obtidas as medições, associados, ainda, à dias de média nebulosidade e ocorrência de chuvas. Na Tabela 4.4.d, verifica-se que os maiores valores absolutos de energia foram alcançados na fase de florescência/queda de flores, com valores de Rn = 597,57 W.m⁻², LE = 452 W.m⁻² e H = 177,74 W.m⁻². Entretanto, a componente G sobressai-se na fase de crescimento vegetativo pleno. Para todo o ciclo do cultivo, os maiores valores em Rn, LE, H e G, foram obtidos por volta da 11h20.

Tabela 4.4.b - Quantificação dos componentes do balanço de energia em dias específicos e durante todo o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Dias típicos de observações						Ciclo do cultivo do abacaxizeiro				
Fases do cultivo	Dias	Rn (MJ/m ²)	LE (MJ/m ²)	H (MJ/m ²)	G (MJ/m ²)	Fases do cultivo	Rn (MJ/m ²)	LE (MJ/m ²)	H (MJ/m ²)	G (MJ/m ²)
Cresc. Veg. pleno	19.11.2001	14,32	11,33	1,57	1,42	Cresc. Veg. pleno	13,50	10,48	1,28	1,74
	20.01.2002	17,15	13,68	2,24	1,23					
Florescência/Queda de flores	06.03.2002	12,99	8,51	3,67	0,81	Florescência/Queda de flores	13,95	9,92	3,18	0,85
	29.03.2002	15,59	11,37	3,58	0,64					
Formação do fruto	30.05.2002	11,37	8,98	1,96	0,43	Formação do fruto	12,09	9,03	2,53	0,53
	02.06.2002	13,44	10,52	2,45	0,47					
Colheita	22.06.2002	10,74	8,74	1,71	0,29	Colheita	8,83	6,46	1,03	0,43
Total	-	13,65	10,45	2,45	0,75	-	12,09	8,97	2,00	0,88

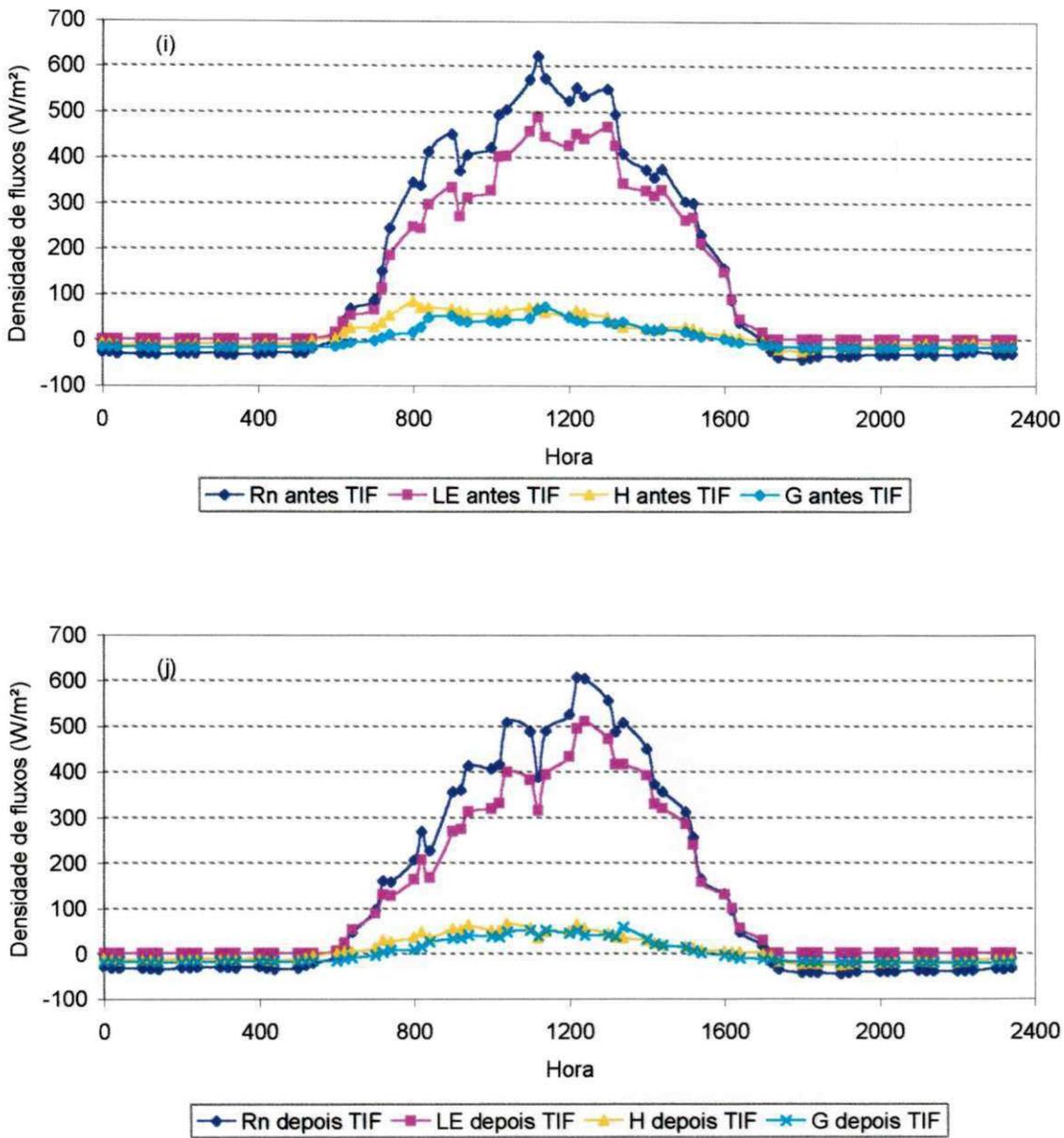
Tabela 4.4.c - Partição dos componentes do Balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Dias típicos de observações e suas relações					Ciclo do cultivo e suas relações			
Fases do cultivo	Dias	LE/Rn	H/Rn	G/Rn	Fases do cultivo	LE/Rn	H/Rn	G/Rn
Cresc. Vegetativo	19.11.2001	0,79	0,12	0,11	Cresc. Vegetativo	0,86	0,10	0,14
	20.01.2002	0,79	0,14	0,07				
Florescência/queda de flores	06.03.2002	0,65	0,31	0,06	Florescência/queda de flores	0,80	0,25	0,06
	29.03.2002	0,72	0,25	0,04				
Formação do fruto	30.05.2002	0,78	0,20	0,04	Formação do fruto	0,86	0,24	0,05
	02.06.2002	0,78	0,21	0,04				
Colheita	22.06.2002	0,81	0,18	0,03	Colheita	0,73	0,11	0,04

Tabela 4.4.d – Horários específicos por fase do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, em que os componentes do balanço de energia alcançaram os maiores valores. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Dias típicos de observações e suas relações					Hora			
Fases do cultivo	Rn	LE ⁻	H	G				
Cresc. Vegetativo	580,00	430,00	54,00	79,53	11,20			
Florescência/queda de flores	597,57*	452,00*	177,74**	5,78***	(12,20)*	(8,40)**	(11,40)***	
Formação do fruto	551,24*	441,23*	162,10**	29,66***	(11,40)*	(9,00)**	(12,00)***	
Colheita	472,62*	306,92**	55,88***	23,55****	(11,40)*	(12,20)**	(9,00)***	(12,00)****
Ciclo	554,72	404,65	98,95	47,42	11,20			

De acordo com Reinhardt & Cunha (1982), o manejo de práticas culturais no abacaxi, como o Tratamento da Indução Floral (TIF), é indispensável para a formação de frutos de tamanho comercial e estabilização da produção. Nesse sentido, promoveu-se a quantificação dos valores do saldo de radiação, dos fluxos de calor latente, sensível do ar e do solo, durante o período de 19/01/2002 a 25/01/2002 – antes da TIF e 26/01/2002 a 01/02/2002 – depois da TIF. O resultado dessas análises, pode ser observado, respectivamente, nas Figuras 4.4.i, 4.4.j e na Tabela 4.4.e. De acordo com a Tabela 4.4.e observa-se que os valores das componentes do balanço de energia foram maiores no período que antecederam a TIF, com percentuais de 9,10% (Rn), 9,23% (LE), 21,00% (H) e 24,34% (G), sobre aqueles valores depois da TIF. Entretanto, o período depois da TIF consumiu mais energia na evapotranspiração do que no período anterior. Em Okinawa (Japão), Shiroma (1973) obteve para o balanço de energia no cultivo de abacaxi, cv, Smooth cayenna, com idade de 15 – 16 meses, com observações de 9 dias dentro desse período, a partição do saldo de radiação com os seguintes valores: 40% para o fluxo de calor latente - LE, 56% para o fluxo de calor sensível - H e 4% para o fluxo de calor no solo - G. Os dias que antecederam e que sucederam a TIF são marcados pelo fim da 1ª fase (crescimento morfológico vegetativo pleno) e início da 2ª fase (infrutescência), além de serem caracterizados por dias parcialmente nublados, nublados e com precipitações rápidas sobre o cultivo. Verifica-se que antes da TIF, o maior valor de Rn foi 620 W.m^{-2} no horário de 11h20, enquanto LE foi igual a 486 W.m^{-2} , seguidos de H, com 81 W.m^{-2} . Os valores de Rn e LE, após às 15h horas permanecem virtualmente iguais, antes e depois da TIF. Depois da TIF, Rn e LE tiveram, no horário de 12h20, os maiores valores do dia, ou seja, 606 W.m^{-2} e 493 W.m^{-2} , respectivamente. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que os maiores valores dos componentes do balanço de energia ocorreram antes da TIF, enquanto no período depois da TIF, a relação LE/Rn foi maior, indicando assim, mais energia consumida na evapotranspiração. Entretanto, ressalta-se que esses valores obtidos podem estar associados exclusivamente às variabilidades atmosféricas ocorridas naqueles períodos.



Figuras 4.4.i e 4.4.j - Comportamento médio dos 7 dias que antecederam e que sucederam o Tratamento da Indução Floral (TIF), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Tabela 4.4.e - Valores da média dos 7 dias que antecederam e que sucederam o Tratamento da Indução Floral (TIF), dos componentes do balanço de energia no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

TIF	Rn	LE	H	G
	(MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)			
Antes	13,80	11,05	1,6	1,15
Depois	12,55	10,45	1,26	087
Relações (%)		LE/Rn	H/Rn	G/Rn
Antes da TIF		80	11,6	8,4
Depois da TIF		83	10	7

Essas considerações abordadas anteriormente sobre o balanço de energia (BE), repassadas de forma mais prática ao “agricultor”, “produtor agrícola” e/ou ao “empresário rural”, deve ser entendida por ele que no sistema vegetado com o abacaxizeiro, naquela região desse estudo, a energia disponível ao cultivo (Rn) foi utilizada no aquecimento do ar e das plantas (H), no aquecimento do solo (G), na evapotranspiração (LE), e nos processos de sínteses biológicas (F), este último não analisado neste capítulo. Deve ser também entendido que a quantidade de energia que chegou à superfície foi determinada pela radiação solar incidente e pela radiação atmosférica, porém, a energia armazenada pelo sistema vegetal implantado foi determinada pelo tipo de cobertura, que variou com o coeficiente de refletividade, que é função da coloração e da rugosidade do abacaxizeiro como um todo (Pereira et al., 2002).

4.5 - Necessidades Hídricas do Abacaxizeiro

4.5.1 - Evapotranspiração (ETc) e Coeficiente do Cultivo (Kc) do abacaxizeiro

A Figura 4.5.a, apresenta a variação da evapotranspiração média de sete dias, para todo o ciclo do cultivo, bem como, para as fases do cultivo, a partir do dia em que se iniciaram as medições com os equipamentos micrometeorológicos, a saber: fase de crescimento vegetativo pleno, 10/08/2001 a 25/01/2002 (I), fase de florescência/queda de flores, 26/01/2002 a 04/04/2002 (II), fase de formação do fruto, 05/04/2002 a 18/06/2002 (III) e a partir 18/06/2002, fase de colheita (IV). Devido ao extenso período que representa

a fase I, esta foi dividida em duas sub-fases: sub-fase I1 (140 a 224 DAP) e sub-fase I2 (225 a 308 DAP).

Na figura 4.5.a observa-se que o maior valor da ETc foi obtido nas fases I e II, ou seja, $ETc = 4,8 \text{ mm.dia}^{-1}$. Os valores médios por fases foram de $4,2 \text{ mm.dia}^{-1}$ para a sub-fase I1, $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ para a sub-fase I2, $4,4 \text{ mm.dia}^{-1}$ para a fase II, $3,8 \text{ mm.dia}^{-1}$ na fase III e $3,5 \text{ mm.dia}^{-1}$ na fase IV. Observa-se que os valores da ETc ao longo do ciclo são bastante variáveis, dependendo, principalmente, das condições climáticas predominantes e da duração do ciclo. O consumo total de água foi de 1.358 mm, correspondendo a um consumo médio de $4,1 \pm 0,39 \text{ mm.dia}^{-1}$. A quarta fase aqui apresentada esta em função dos frutos necessitarem de um adicional de água para elevarem seu peso por ocasião da colheita e pelo aspecto deste período corresponder às necessidades hídricas das mudas tipo filhotes pois, como descreve a literatura, a boa formação inicial de um novo plantio de abacaxi, necessariamente, deve ser produzido a partir de boas mudas e nesse caso, irrigações suplementares sobre esses filhotes agregados à planta mãe, melhoram seus rendimentos nas mais diversas características (altura, peso, número de folhas, entre outros). A função de ajuste, do tipo $Y = 0,0005DAP^2 + 0,1167DAP - 5,5448$, com $R^2 = 0,81$ pode ser considerada uma boa função de ajuste, assegurando aos agricultores, empresários ou pesquisadores uma boa margem de segurança, quando utilizarem esses valores nas irrigações de seus cultivos. Shiroma (1971), estudando a transpiração do abacaxi irrigado em potes com solo arenoso, encontrou valores máximos de ETc durante o verão, em dias com elevados valores de temperatura e radiação solar, respectivamente 27°C e 10 a 12 $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Para dias nublados e chuvosos, encontrou uma transpiração de $0,4 \text{ mm.dia}^{-1}$. Durante o ciclo da cultura do abacaxi, Combres & Perrier (1977) obtiveram ETc de $3,8 \text{ mm.dia}^{-1}$; Combres (1979) obteve $ETc = 3,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ durante 2 meses de observações em condições de irrigação, enquanto que em condições de alta radiação solar, Combres e Perrier, 1977, citados por Malézieux et al (2002), obtiveram ETc do abacaxizeiro em Côte d'Ivoire próximo de $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$. No Estado da Paraíba, mais especificamente na Estação Experimental de São Gonçalo, Alto Sertão do Estado, Carvalho et al. (2001) utilizaram irrigações suplementares para o abacaxi cv. Pérola de $4,9$ a $8,0 \text{ mm.dia}^{-1}$, no período de baixa precipitação pluvial.

Na Figura 4.5.b, visualizam-se os valores médios do coeficiente de cultivo "Kc", obtidos para as fases do cultivo, bem como para todo o ciclo. Na fase de crescimento vegetativo pleno, observa-se que os valores são crescentes, bem caracterizados através da

curva de ajuste demarcada nessa fase, sugerindo cautela em se estipular um Kc médio. Entretanto, para as sub-fases I1 e I2, obteve-se Kc médios de 0,9, enquanto para todo o ciclo do cultivo, determinou-se um coeficiente de cultura de $0,9 \pm 0,0094$; para a fase de formação do fruto, obteve-se um Kc médio de 0,88. N'Guessan (1985) encontrou valores do Kc variável ao longo do ciclo do cultivo do abacaxizeiro e, Combres (1983) obteve valores médios de Kc para todo um ciclo de cultivo de abacaxizeiro de 0,74. Neste trabalho, os valores de Kc assemelham-se aos valores encontrados pelos autores acima citados, entretanto, diferem das condições dos Kc's apresentados por Allen (1998). Segundo Malézieux et al. (2002), o cultivo do abacaxi sofre variações da complexa interação entre os fatores do tempo e a assimilação do carbono nas plantas MAC, variações na absorção de água e nos processos de crescimento e desenvolvimento. razão pela qual, ocorreram essas variações entre Kc e ETc, neste trabalho, em relação aos que foram apresentados pelos autores aqui reportados. Portanto, nas condições climáticas do município de Santa Rita – PB, o cultivo do abacaxizeiro sem déficit hídrico, bons tratos culturais e fitossanitários, a ETc e o Kc, obtidos pelo método BERB, estiveram acima dos valores médios encontrados na literatura, sejam dentro das fases, como também entre elas.

4.5.2 - Evapotranspiração de referência (ETo)

Na Figura 4.5.c, foram plotados os valores de ETo ordenados em valores médios de 7 dias, a partir de 140 DAP até à colheita aos 465 DAP. A variação observada nos valores reflete as condições atmosféricas reinantes no local do experimento, fato esse caracterizado através do desvio padrão. A equação de ajuste desses valores apresentou boa correlação, com $R^2 = 0,84$.

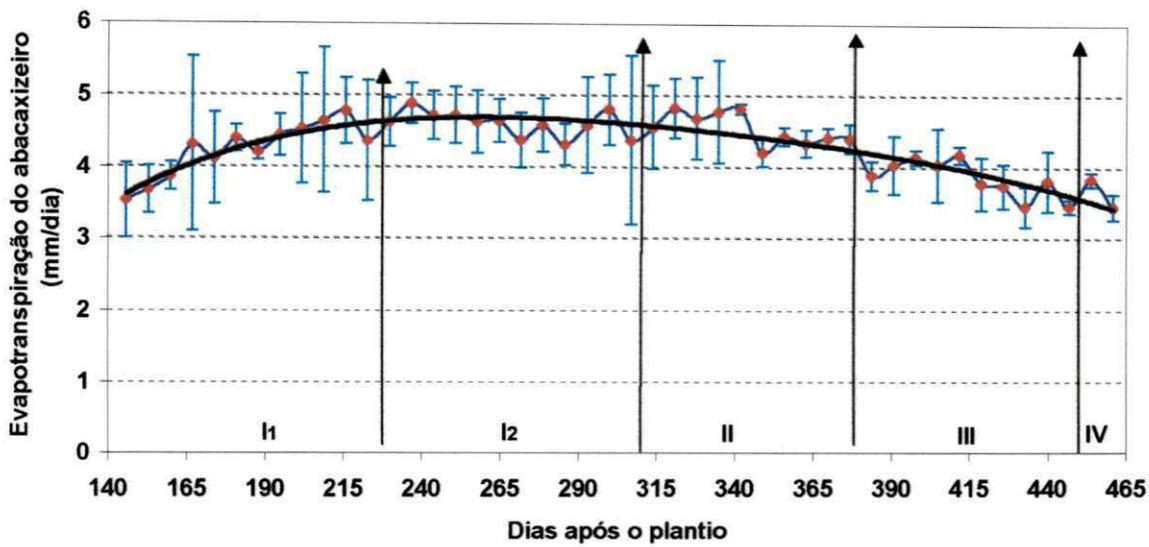


Figura 4.5.a - Comportamento da evapotranspiração do abacaxizeiro cv. Pérola, em $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$, para média de sete dias, durante o ciclo do cultivo. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB,2001/2002

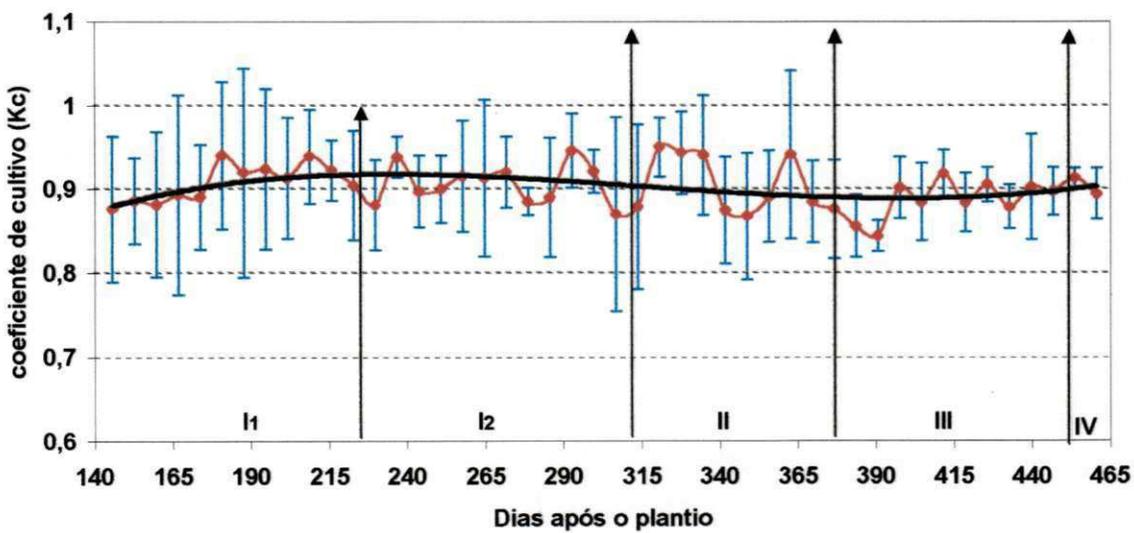


Figura 4.5.b - Comportamento do coeficiente de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola, para média semanal durante as fases, bem como em todo ciclo da cultura. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

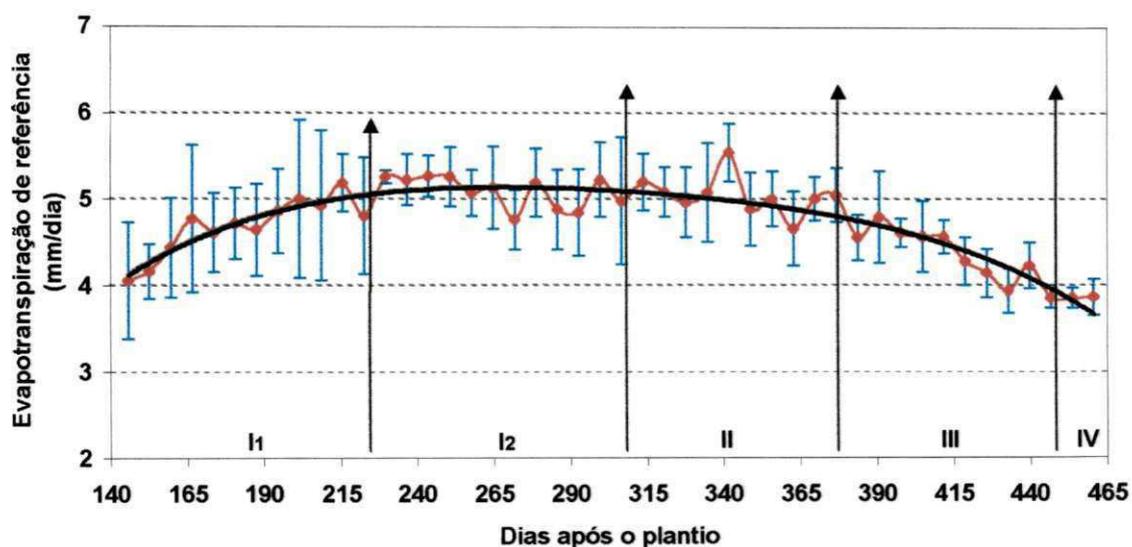


Figura 4.5.c - Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) durante o período de medições. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

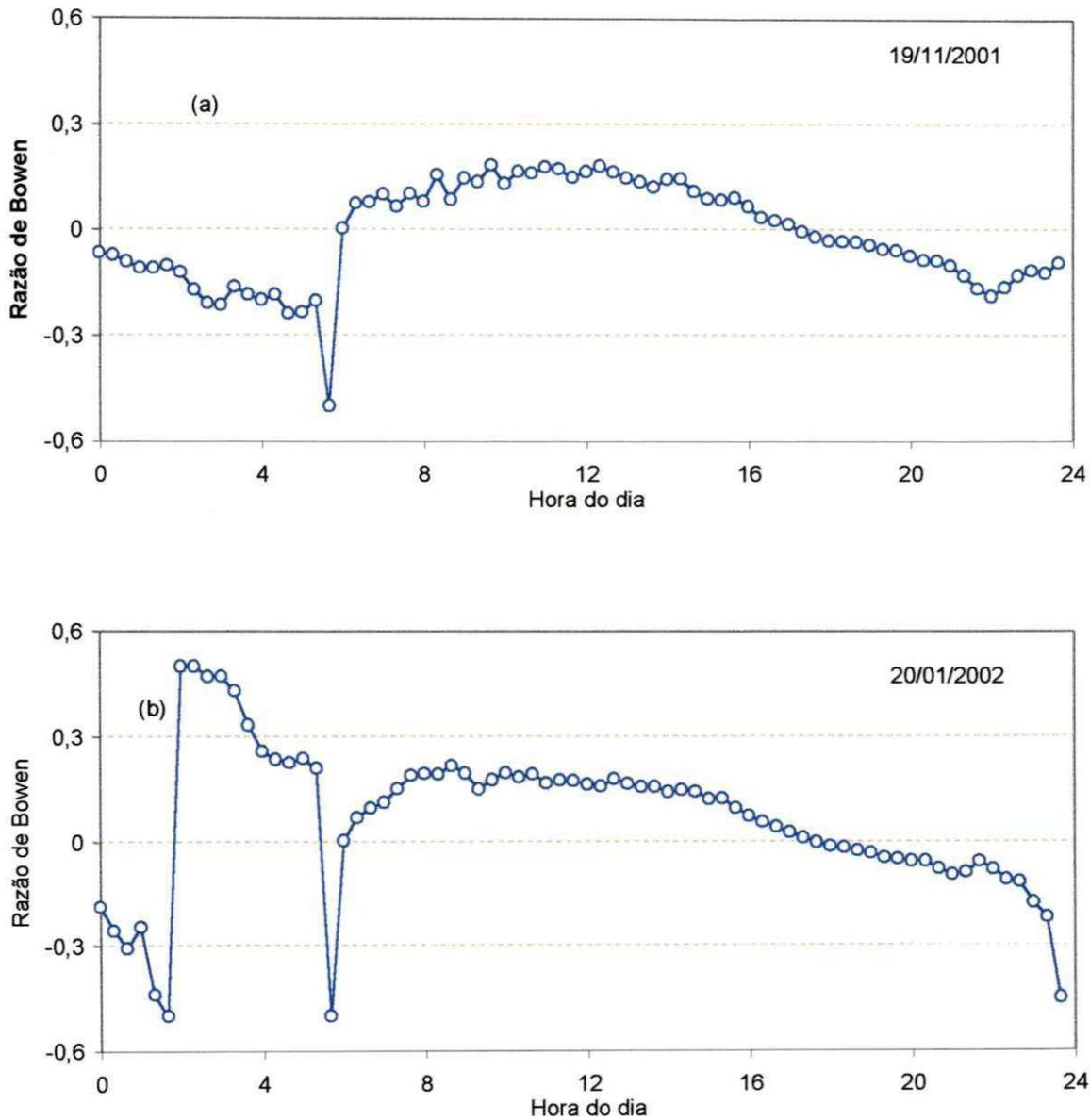
4.6 - Comportamento da Razão de Bowen

Nas Figuras 4.6 (a) a 4.6 (g), encontram-se representados o curso diário da razão de Bowen para os mesmos dias típicos estudados na seção 4.4.1 (dias de média e baixa nebulosidade) nas fases específicas de crescimento vegetativo, florescência/queda de flores, formação do fruto e colheita.

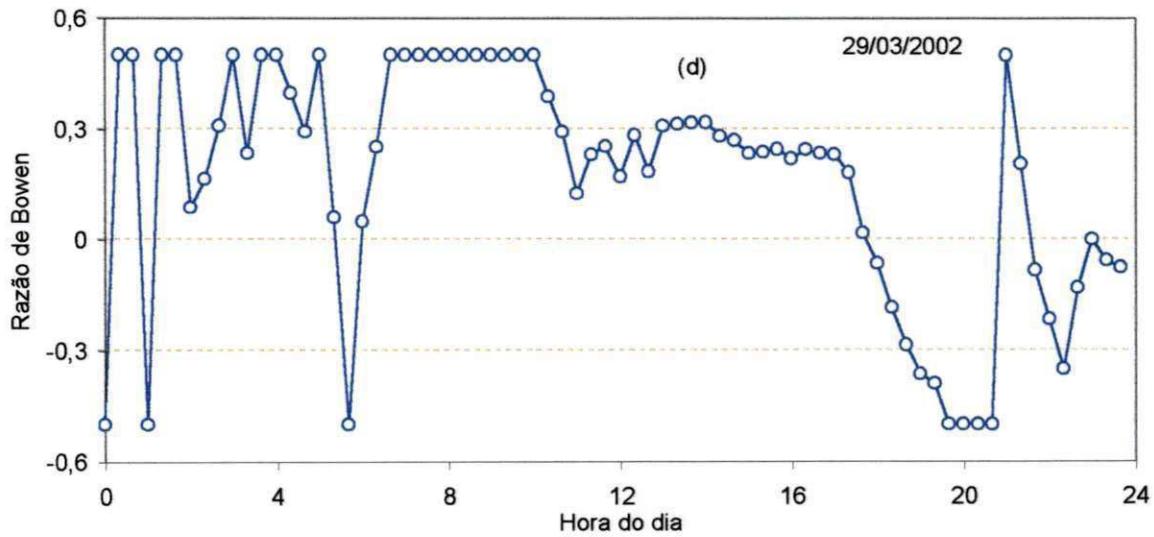
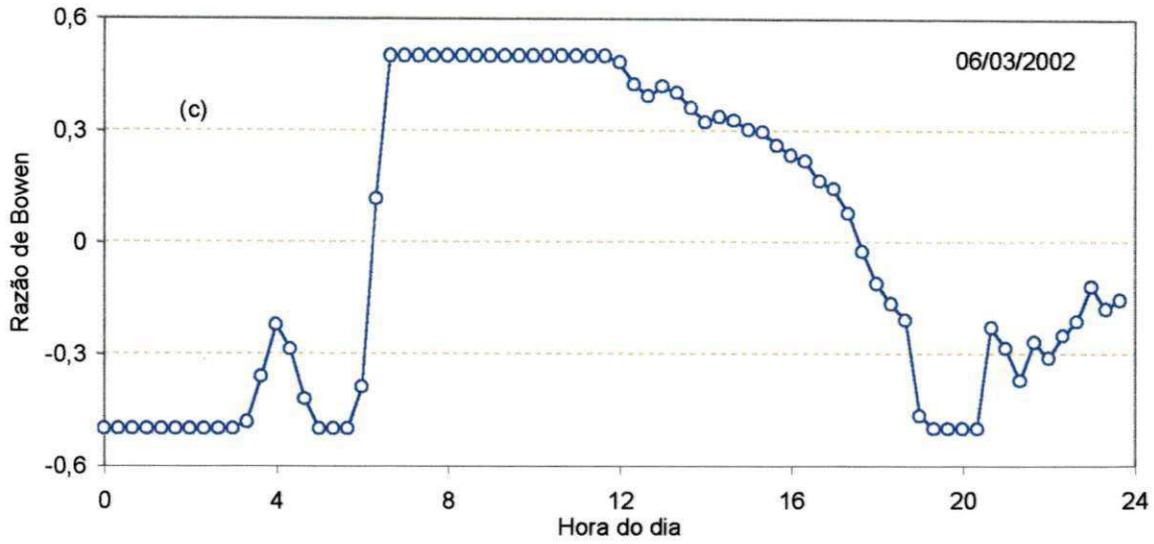
Observa-se que para o dia 19/11/2001 (Figura 4.6.a), a razão de Bowen (β) no período da madrugada é negativo com os valores variando de $-0,10$, no horário de 11h40, a $-0,5$, no horário de 5h40, quando observa-se efeitos da inversão térmica da atmosfera, verificado pelo conjunto psicrométrico. Durante o período diurno, os valores de β tornam-se pequenos e positivos, em torno de $0,2$ ao meio dia; em seguida decrescem gradativamente até às 17h, para novamente sofrer o efeito de inversão térmica. No período noturno os valores tornam-se novamente negativo. Durante o período diurno, Dugas et al. (1991) também observaram valores positivos e pequenos de β , sendo maiores no início da manhã e menores ($0,1$) ao redor do meio dia. Esse comportamento de β também foi observado por Lopes et al. (1999) em Petrolina, PE. No dia 20/01/2002 (Figura 4.6.b) observa-se, no período da madrugada, variações positivas e negativas, isto é, β negativo até 1h40. Essa é uma situação típica em que a atmosfera cede calor para a planta; porém, quando ocorreu inversão dos fluxos a planta forneceu energia para a atmosfera. Durante o período diurno, o maior valor alcançado por β foi de $0,21$ às 8h40, decrescendo ao longo do dia. Em culturas irrigadas, Campbell (1972) obteve valores próximos de $0,3$. Os dias 06/03/2002 (Figura 4.6.c) e 29/03/2002 (Figura 4.6.d) são característicos das fases de florescência/queda de flores e são marcados por uma grande variabilidade dos valores de β . Provavelmente, nesses dias, a musselina do termômetro do bulbo úmido não registrou corretamente valores de temperatura. Esses problemas foram também relatados por Soares (2003). Na fase de formação do fruto, dia 30/05/2002 (Figura 4.6.e) e 02/06/2002 (Figura 4.6.f), β tem comportamento mais estável, porém, percebe-se variação dos valores durante os períodos diurno e noturno. No período diurno, a maioria dos valores de β ficou acima de $0,15$. Fato semelhante ocorreu no período da colheita (22/06/2002, Figura 4.6.g), caracterizada, também, por variações diurnas nos valores de β .

Os cursos diários da razão de Bowen para cada fase do cultivo encontram-se nas Figuras 4.6.h a 4.6.m. Na análise conjunta dessas figuras, observa-se que durante o período diurno, os valores de β permaneceram positivos, com valores, na sua grande maioria, abaixo de $0,3$, não ocorrendo o mesmo no período noturno, com valores bastante

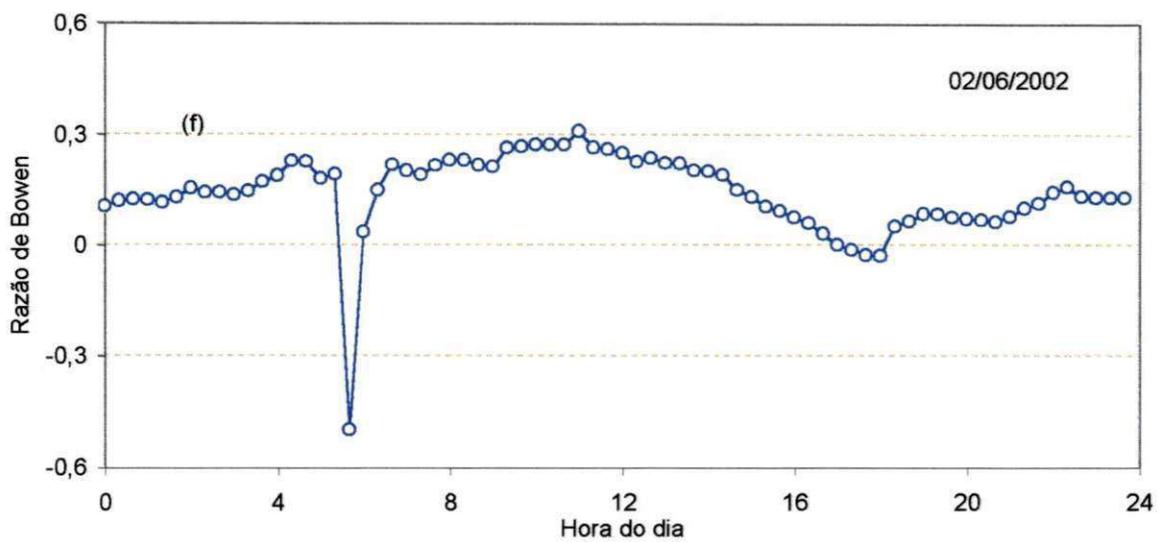
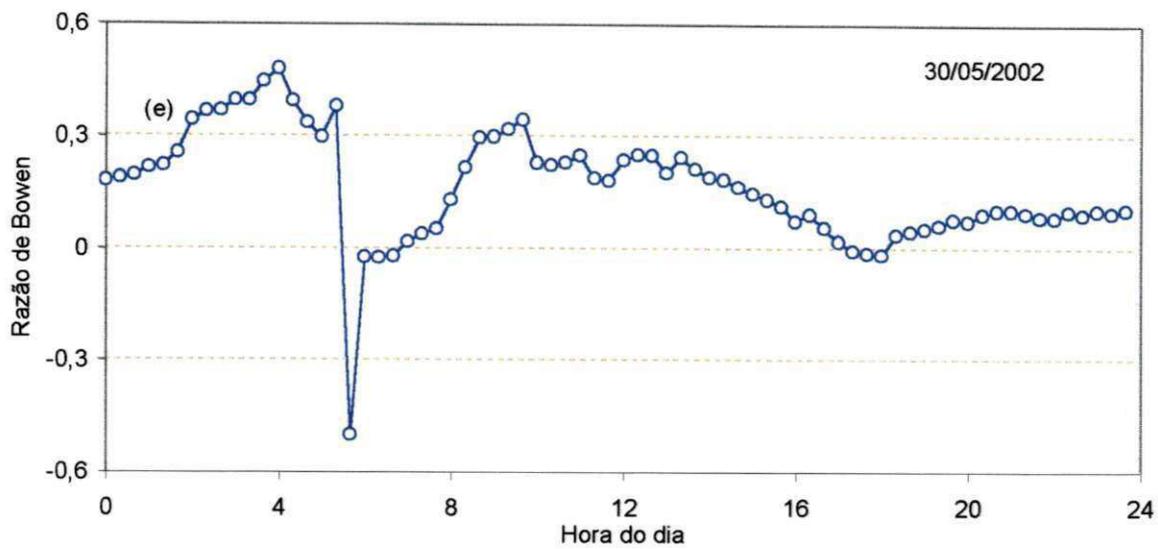
alternados, marcados pela estabilidade atmosférica. Tanto nas análises dos dias específicos, bem como para as fases do cultivo, os valores da razão de Bowen antes das 6h, bem como depois das 18h, não interferem nas análises desta componente em relação ao período diurno. Os valores da razão de Bowen correspondentes a 0,5, plotados nas Figuras 4.6.(c), (d), (i) e (j) são resultados de filtros, que delimitou o valor máximo a ser alcançado por β . Valores de β próximos a zero, significa que toda energia disponível foi utilizada pela cultura para evapotranspirar, ou seja, quase todo saldo de radiação (R_n) é convertido em LE; fato esse não constatado para as análises dos dias típicos, bem como para as fases individualizadas do cultivo e todo o seu ciclo.



Figuras 4.6.(a) e (b) - Comportamento diário da razão de Bowen durante a fase de crescimento vegetativo, em condições de média (a) e baixa (b) nebulosidade, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002



Figuras 4.6.(c) e (d) - Comportamento diário da razão de Bowen durante a fase de Florescência/queda de flores, em condições de média (a) e baixa nebulosidade (b), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Santa Rita, PB, 2001/2002



Figuras 4.6.(e) e (f) - Comportamento diário da razão de Bowen durante a fase de Formação do fruto, em condições de média (e) e baixa nebulosidade (f), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola . Santa Rita, PB, 2001/2002

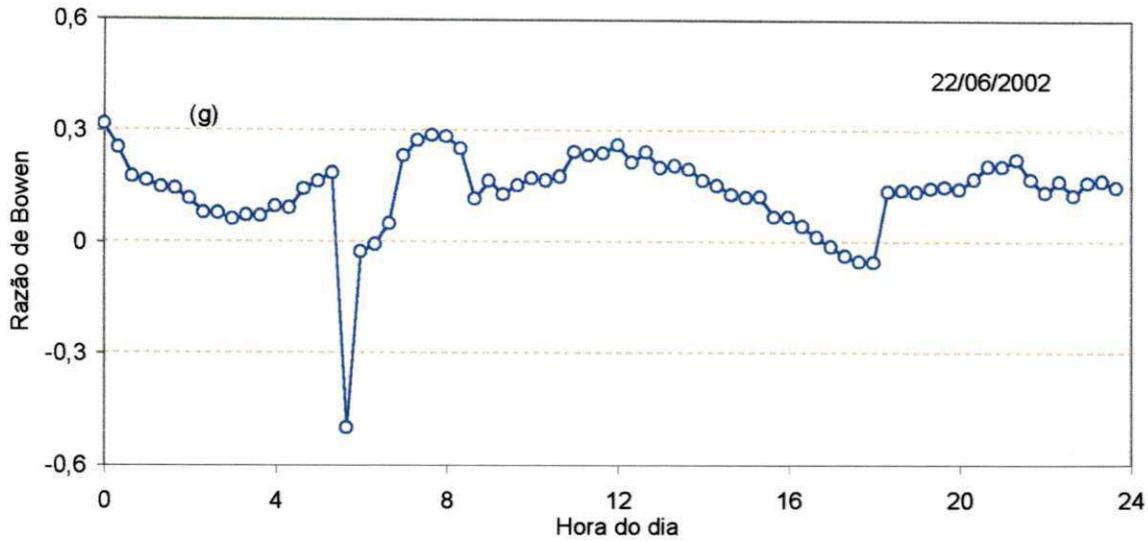


Figura 4.6. (g) - Comportamento diário da razão de Bowen durante a fase de Colheita, em condições de média nebulosidade (g), no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

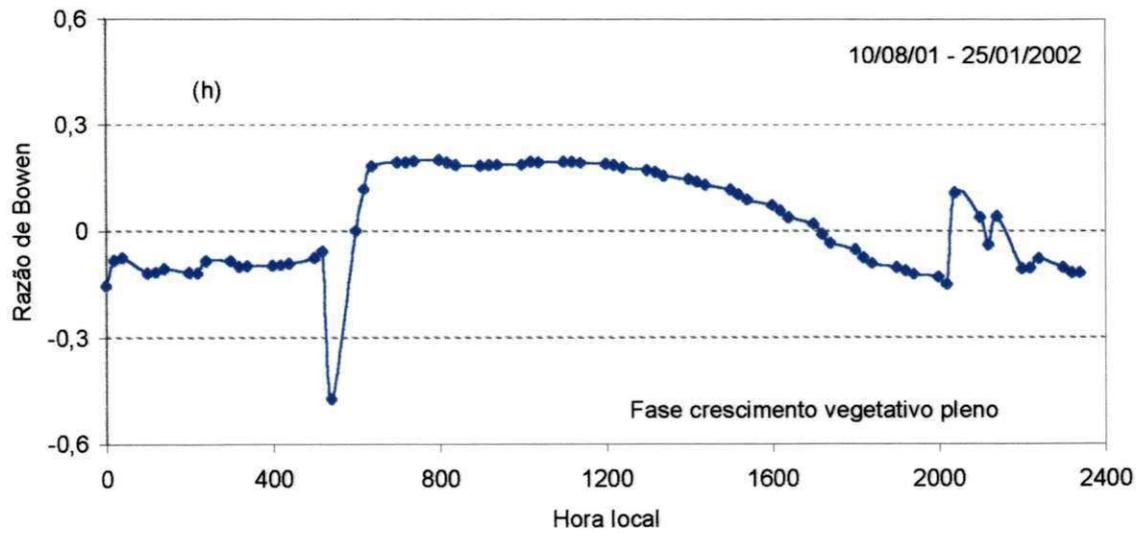


Figura 4.6.(h) - Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de crescimento vegetativo pleno, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

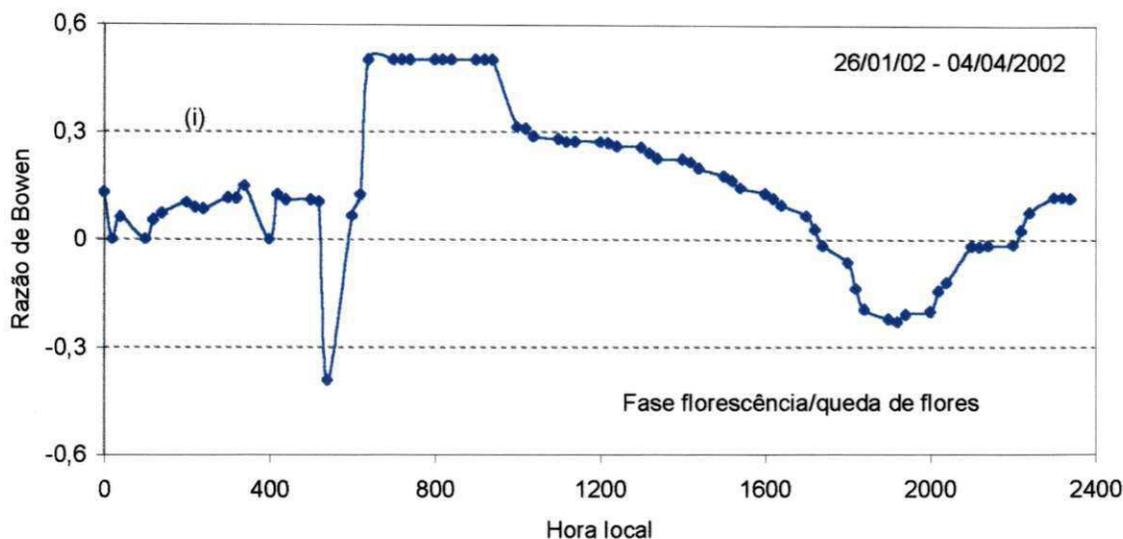


Figura 4.6.(i) - Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de Florescência/queda de flores, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

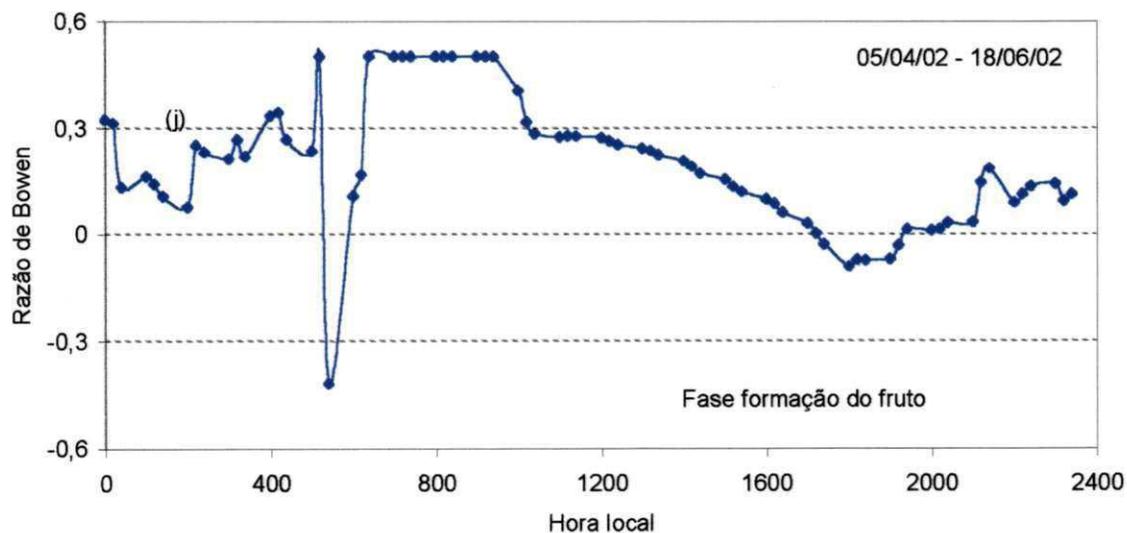


Figura 4.6.(j) - Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de formação do fruto, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

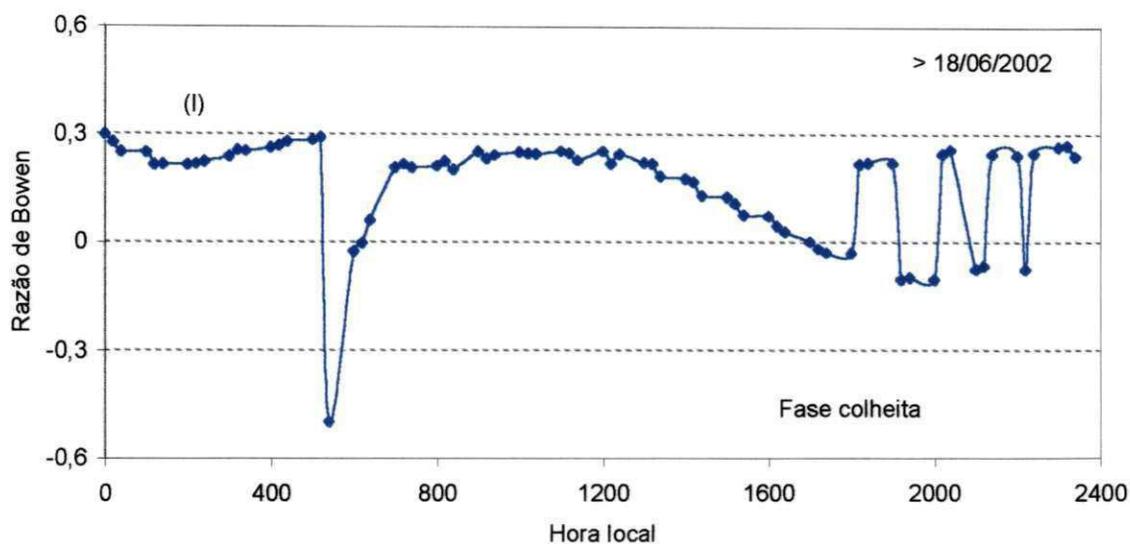
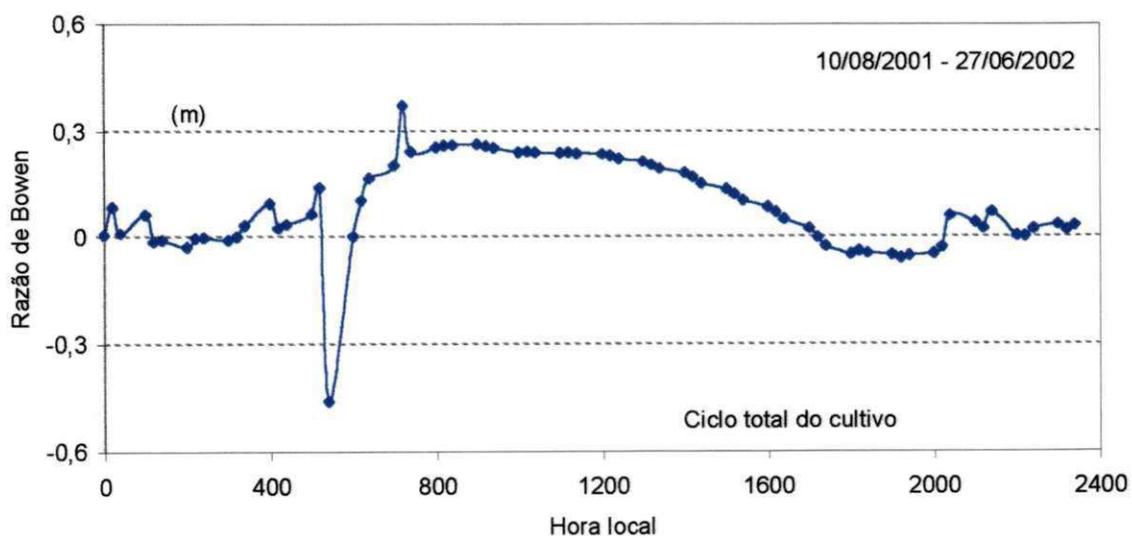


Figura 4.6. (l) - Comportamento da razão de Bowen durante toda a fase de colheita, no cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002



Figuras 4.6.(m) - Comportamento da razão de Bowen durante toda o ciclo do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

4.7. Análise de Crescimento

As análises do comportamento morfofisiológico do abacaxizeiro, cultivar Pérola são apresentadas a seguir, para o período compreendido entre os 56 e 448 DAP, quando foram suspensas as medições. Compreendem o crescimento e desenvolvimento do caule, folhas, pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes.

4.7.1 - Altura das plantas

De acordo com a Figura 4.7.a, as plantas apresentaram um crescimento normal para essa cultivar. As boas condições de tratos culturais e fitossanitários, precipitações e irrigação complementar, permitiram um bom crescimento, associado, ainda, às condições climáticas para o cultivo. A altura máxima das plantas foi alcançada por volta dos 308 dias após plantio – DAP, com 115 cm. Os relatos encontrados na literatura descrevem que uma planta adulta, crescendo em condições climáticas ideais e sem deficiência hídrica, atinge 100 cm a 120 cm de altura. Em condições de sequeiro, Gadelha & Vasconcelos (1977) e Reinhardt & Medina (1992) obtiveram altura de plantas da ordem de 81 a 93,5 cm e 97 cm, respectivamente.

4.7.2 - Diâmetro da planta, comprimento e diâmetro do caule.

A variação do diâmetro média das plantas, comprimento e diâmetro do caule é apresentada na Figura 4.7.b. Para o diâmetro de planta, no período de 56 aos 196 DAP, verifica-se uma expansão de 3 a 5 cm, entre uma e outra medição, alcançando 5 a 9 cm no período entre 196 e 280 DAP. O maior valor foi obtido por volta dos 336 DAP (100 cm), mantendo-se constante a partir de então. Associa-se essa manutenção de diâmetro das plantas após os 336 DAP ao espaçamento utilizado, que não permitiu uma maior expansão lateral das mesmas. Relatos encontrados na literatura sobre abacaxi, citam ocorrências de diâmetro de planta variando de 130 cm a 150 cm. Barreiro Neto et al. (1998), traçando um perfil da cultivar Pérola no Estado da Paraíba, encontrou para o diâmetro de plantas valores médios de 75,9 cm. Em espaçamentos adensados, combinando altura de plantas superior a 100 cm e diâmetro de planta inferior a 80 cm, principalmente em áreas irrigadas, observou-se que, após os 240 DAP, os tratos culturais, tratamentos fitossanitários, tratamento de indução floral (TIF) e manejos de irrigação são executados com maior dificuldade e de forma mais lenta ocorrendo, em alguns casos, danos às plantas, o que está de acordo com as afirmações de Cunha (1999).

As correlações do comprimento e diâmetro do caule com os dias após o plantio indicaram coeficientes de determinação da ordem de 0,93 para o diâmetro e 0,89 para o comprimento. Esses valores crescentes indicam o armazenamento de metabólitos da fotossíntese pelo caule com o passar dos dias Cunha e Cabral (1999), especialmente a partir dos 196 DAP, ocasionado pelo aumento do número de folhas e altura da planta. Uma planta adulta, apresentando caule bem desenvolvido tem de 20 a 35 cm de comprimento e diâmetro de 2,0 a 3,5 cm na parte basal e de 5,5 a 7,0 cm. na parte mais larga, logo abaixo do ápice (Collins, 1960; Py et al; 1984; Cunha e Cabral, 1999). Neste estudo, foi considerado um diâmetro único, médio para todo o caule. Dessa forma aos 308 DAP, o caule apresentou maior diâmetro, 5,5 cm; o maior comprimento só foi alcançado aos 420 DAP – 26,17 cm. Uma vez que a cultura não sofreu deficiência de água, luz e nutrientes, o não acompanhamento do maior diâmetro ao maior comprimento pode ser característica da planta e/ou cultivar analisada. Mesmo assim, os valores de diâmetro e comprimento do caule estão dentro das análises das características da cultivar Pérola.

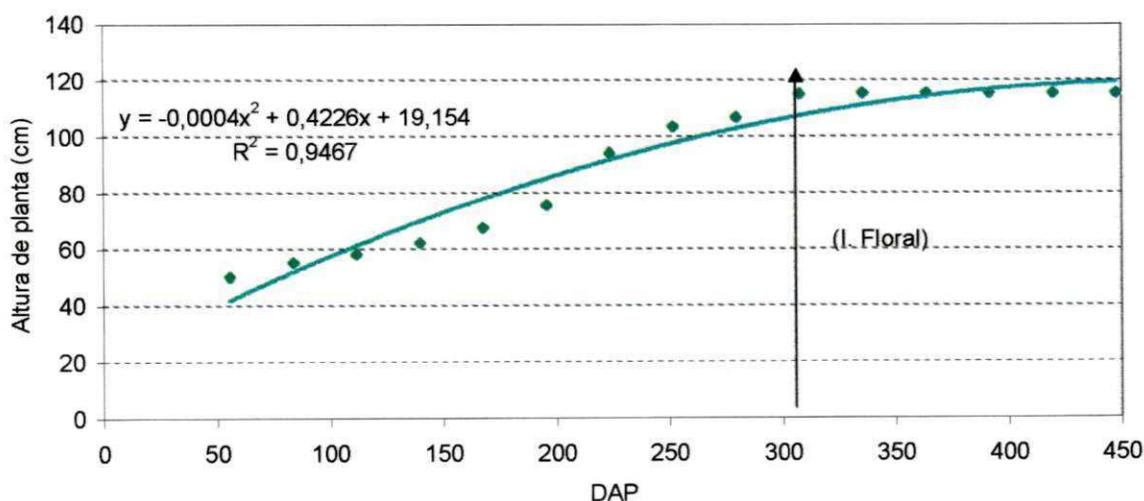


Figura 4.7.a - Altura do abacaxizeiro cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento da estação de cultivo. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

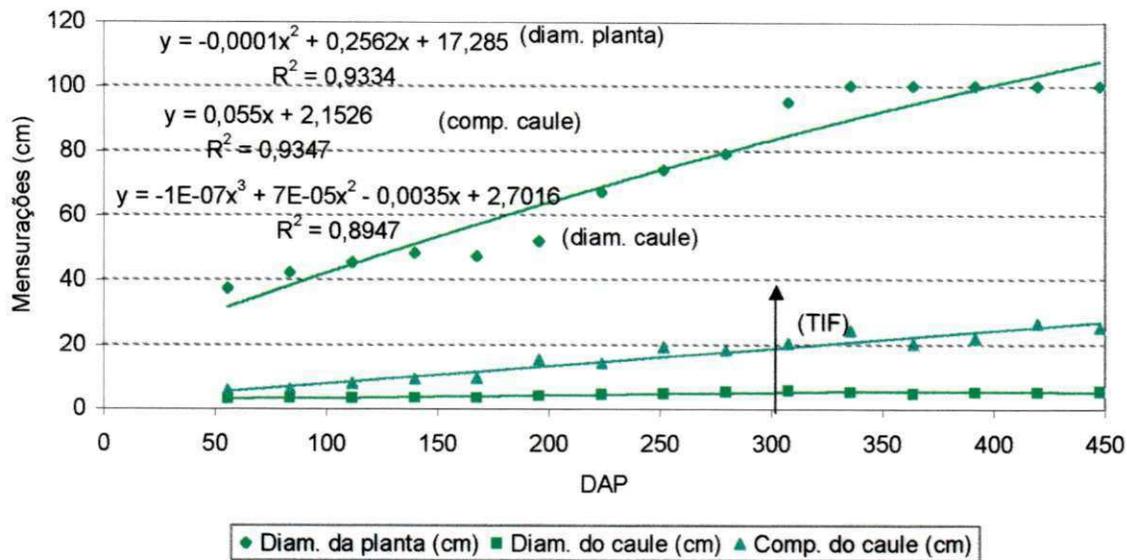


Figura 4.7.b - Diâmetro médio da planta, diâmetro e comprimento do caule da planta, durante as fases de crescimento e desenvolvimento do cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

4.7.3 - Número de Folhas

Como pode ser observado na Figura 4.7.c, o número de folhas por planta de abacaxi variou de 30 no início das observações (aos 50 DAP) para 52 aos 308 DAP, decrescendo em seguida para valores da ordem de 34 folhas. A redução no número de folhas observada a partir dos 308 DAP pode ser atribuído aos seguintes aspectos: a) número limitado de amostras coletadas (três plantas); b) descarte de folhas danificadas pelo manuseio dos tratamentos culturais, fitossanitários e manejo da irrigação; c) efeito da própria variabilidade genética, entre e dentro da cultivar Pérola (Barreiro Neto et al., 2002). Selamat (1997), trabalhando com a cultivar Gandul, encontrou médias de número de folhas variando de 34,7 a 37,4 aos nove meses, enquanto Barreiro Neto et al. (1998), para a cultivar Pérola em final de ciclo e em condições de sequeiro, obteve média de número de folhas de 54,6. Os valores do número de folhas por planta de abacaxi observado neste estudo bem como o que relatam outros trabalhos citados pela literatura, estão muito abaixo de 70 a 80 folhas por planta de um abacaxizeiro adulto citado por Choairy (1990)

4.7.4 - Pedúnculo, Inflorescência/Fruto e Filhotes.

De acordo com a Figura 4.7.d, aos 448 DAP, a altura de inserção do fruto, medido da superfície do solo à inserção do fruto propriamente dito foi de 45,3 cm (42 cm para o comprimento do pedúnculo isoladamente) para um diâmetro de pedúnculo de 2,5 cm. A altura de inserção do fruto é uma característica importante para evitar o tombamento do fruto, quando bem desenvolvido. Embora Barreiro Neto et al. (1998) cite que a cultivar apresentando pedúnculo longo e fino pode provocar prejuízo econômico, nesse estudo, observou-se, em nível de campo, que espaçamentos adensados onde as folhas são comprimidas para a “verticalização”, esse problema é minimizado, pois, o pedúnculo/inflorescência/fruto ficará protegido pelas folhas que os envolvem evitando, assim, o tombamento. Naquele estudo, Barreiro Neto et al. obtiveram uma altura média de inserção do fruto para a cv. Pérola de 58 cm nas condições de sequeiro, 12,7 cm maior do que o encontrado neste estudo. Por sua vez, Gadelha e Vasconcelos (1977), estudando as variações do tamanho e peso do material de plantio tipo filhote, na cv. Pérola em condições de sequeiro obtiveram, para as plantas totalmente formadas, altura do pedúnculo de 38 cm e 40,4 cm, respectivamente. Com relação ao diâmetro, encontraram 2,2 cm e 1,9 cm, compatível assim, com o valor obtido nesse estudo de 2,5 cm.

Na Figura 4.7.e são apresentados os valores obtidos aos 448 DAP para o comprimento e diâmetro do fruto, com coroa e sem coroa da parcela experimental, bem como daquele obtido no lisímetro da área de estudo. Para as condições da parcela experimental, o comprimento do fruto com coroa foi de 42 cm, (sendo 24 cm para o fruto e 18 cm para a coroa), para diâmetro médio de fruto de 10,7 cm. No lisímetro, o comprimento médio do fruto com coroa foi de 42,7 cm (23 cm para o fruto e 19,7 cm para a coroa), para um diâmetro médio de fruto de 11,8 cm. Com essa comparação, esperava-se que o efeito do manejo da irrigação no lisímetro pudesse resultar em ganho de comprimento e diâmetro e, conseqüentemente, maior peso, uma vez que o lisímetro foi irrigado manualmente, planta-à-planta e a parcela experimental, irrigada pelo sistema de aspersão, com 70% de eficiência de distribuição de água, contra 100% da irrigação praticada manualmente no lisímetro. Entretanto, os valores obtidos tanto na parcela experimental como no lisímetro, são bastante semelhantes, embora esta comparação tenha sido obtida com um número reduzido de plantas. Uma das características da cultivar Pérola é de possuir um tipo de coroa bem desenvolvida (Cunha & Cabral, 1999). No entanto,

frutos para exportação, especialmente de Smooth cayenne, deve ter coroa entre 5 e 13 cm (Giacomelli e Py, 1981). Gadelha e Vasconcelos (1977) estudando a cv. Pérola na região Sudeste do Brasil, em condições de sequeiro, obtiveram para tamanho da coroa, valores entre 17,9 e 21,7 cm, enquanto Barreiro Neto et al. (1998), no estado da Paraíba, obtiveram para a mesma cultivar e também em condições de sequeiro, um valor de 14 cm. Neste estudo, o comprimento médio, tanto da coroa, da parcela experimental quanto do lisímetro, apresentou valores superiores a 1,3 vezes àquele obtido por Barreiro Neto et al. (1998). Dessas análises, conclui-se que a cultivar Pérola tem uma ampla variabilidade em comprimento da coroa. Com relação ao diâmetro médio dos frutos, obteve-se 10,7 cm para os frutos oriundos da parcela experimental e 11,8 cm para os frutos provenientes do lisímetro, semelhantes aos valores obtidos por Vasconcelos & Gadelha (1977), 10,2 cm a 11,5 cm e por Barreiro Neto et al. (1998) de 10,6 cm de diâmetro, todos considerados ótimos frutos para comercialização, principalmente quando destinada ao consumo *in-natura*.

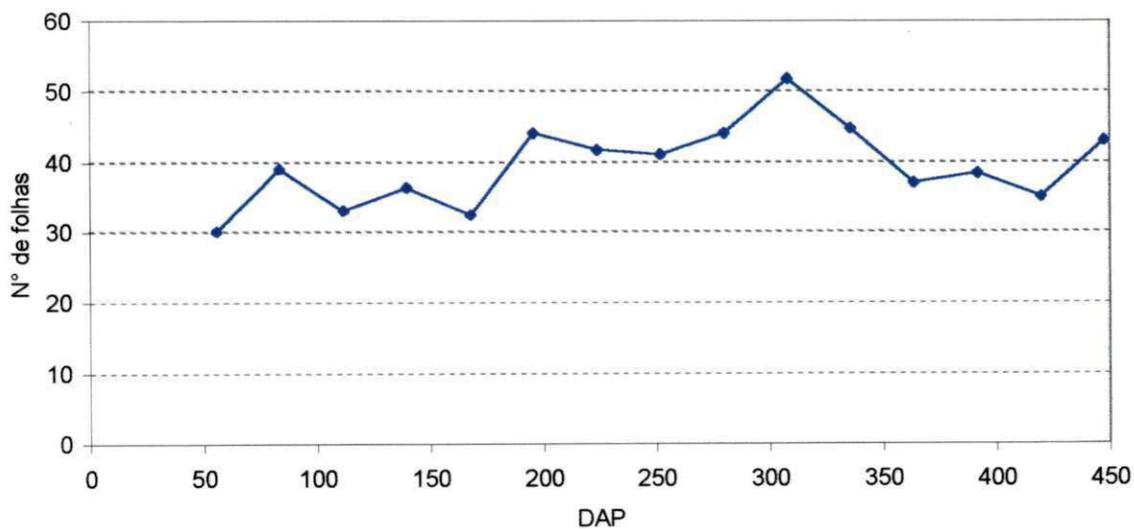


Figura 4.7.c - Número de folha durante as fases de crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

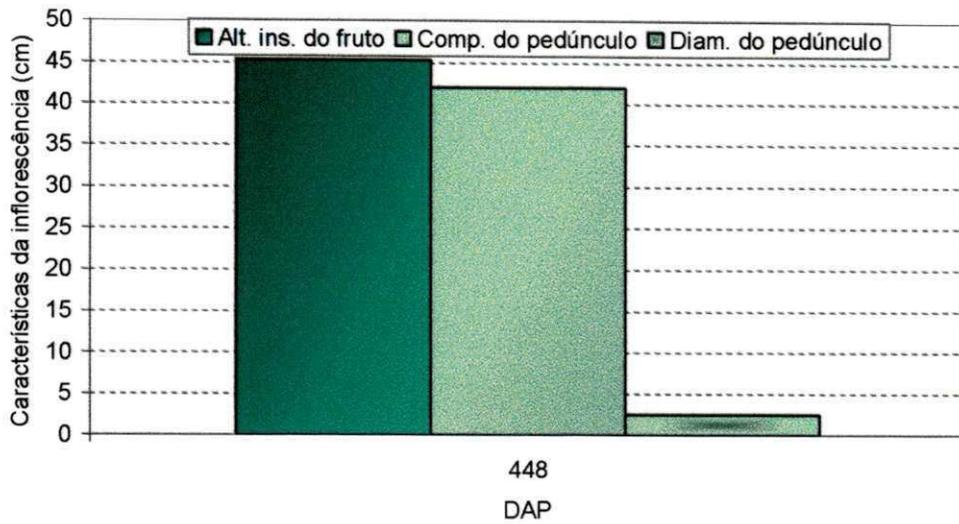


Figura 4.7.d - Altura de inserção do fruto, comprimento do pedúnculo e diâmetro do pedúnculo na fase de desenvolvimento do abacaxizeiro cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

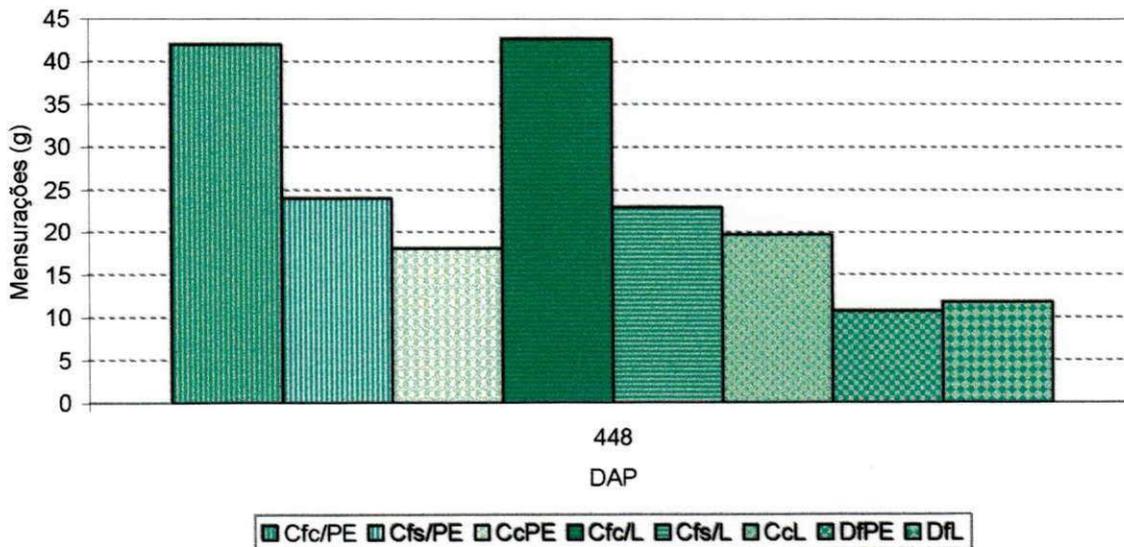


Figura 4.7.e - Comprimento e diâmetro do fruto do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante a fase de desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

Os resultados obtidos para o peso do fruto com e sem coroa da parcela experimental e do lisímetro são apresentadas na Figura 4.7.f. As medições contidas nessa figura foram obtidas aos 448 DAP, quando os frutos encontravam-se aptos a ser colhidos, conforme a tabela de classificação do Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (2000). De acordo com os resultados obtidos,

o peso do fruto fresco com coroa da parcela experimental foi de 1.778,3 g e de 1.657,9 g sem coroa. Individualmente a coroa teve peso de 120,4 g. Em termos percentuais o peso do fruto fresco, representou 93,22%, enquanto o peso da coroa 6,77%. Para a média dos frutos obtidos no lisímetro, o peso do fruto fresco com coroa foi de 1.786 g e 1.642,83 g sem coroa, com porcentagem de peso do fruto fresco de 91,94 % e o peso da coroa fresca de 8,06 % . Individualmente a coroa teve peso de 143,17 g. Os resultados anteriores estão de acordo com Py (1969) referindo-se que a coroa representa de 5% a 40% do peso do fruto. A fitomassa seca total do fruto apresentou os seguintes resultados: o fruto da parcela experimental pesou 228,6 g sendo de 249,54 g o peso do fruto do lisímetro. Tanto o valor médio do fruto sem coroa da parcela experimental como o do lisímetro são bastante semelhantes. Isso sugere que a água de irrigação na área experimental, foi tão bem distribuída às plantas quanto à água aplicada manualmente nas plantas do lisímetro, uma vez que as demais características de adubação e tratos diversos mantiveram-se constantes.

De acordo com o Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiro, frutos com as características de peso acima especificado são classificados na classe 3, isto é, frutos de 1.500 a 1.800 g. Segundo os produtores da região deste estudo, esse tipo de fruto tem excelente aceitação, sendo fácil a sua comercialização.

De acordo com Barreiro Neto et al. (1999), o peso do fruto isoladamente não é significativo para avaliação, pois a depender da destinação comercial, há oscilação na aceitação de frutos de diferentes tamanhos e pesos. Entretanto, para exportação da cultivar Pérola, as recomendações de Gorgatti Neto et al. (1996) são de que o peso do fruto mais o peso da coroa devem situar-se entre 1.300 a 1.800 g.

No semi-árido paraibano, Carvalho et al. (2001) cultivando o abacaxi tipo Pérola, obteve em condições irrigadas, peso do fruto de 1.296 g e 91 g para a coroa. Esses valores representam, 78,2% do fruto sem coroa obtido neste estudo, em relação à parcela experimental. Assim, o peso do fruto, obtido neste estudo, está apto para comercialização local bem como para exportação.

Em relação à colheita total, segundo levantamento obtido junto ao produtor, responsável pelo acompanhamento e venda do produto, para a área de 0,81 ha., cultivada com abacaxi, variedade Pérola, obteve-se uma produção de 57.000 kg (fruto + coroa), distribuídos em 34.200 kg de frutos de “primeira” (peso \geq a 1,7 kg/fruto); 17.100 kg de

frutos de “segunda” (peso de 1,3 a 1,7 kg/fruto) e 5.700 kg de frutos considerados para industrialização de sucos e rações animal.

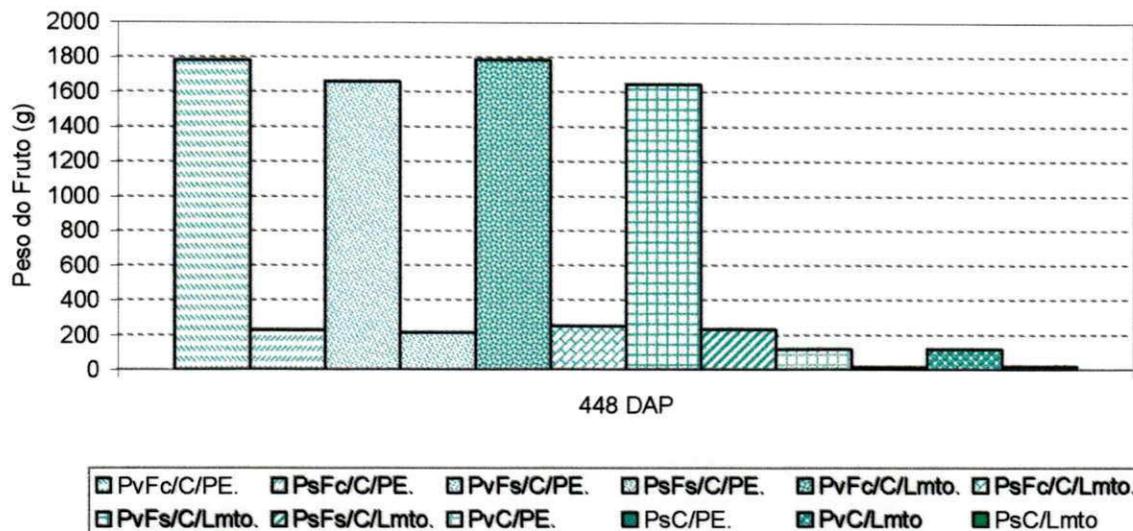


Figura 4.7.f - Peso do fruto do abacaxizeiro com coroa e sem coroa, da parcela experimental e do lisímetro, respectivamente, obtidos por ocasião da colheita, 2001/2002.

4.7.5. Análise de Fitomassa

Nas Figuras 4.7.g, 4.7.h, 4.7.i, 4.7.j e 4.7.k, encontram-se os resultados médios obtidos na parcela experimental da fitomassa fresca e seca das plantas de abacaxi isentas de raiz.

Na Figura 4.7.g são analisados o comportamento da fitomassa fresca total (FFT) e fitomassa seca total (FST), entre os 56 e os 448 DAP. Observa-se que na 1ª fase do cultivo do abacaxizeiro (56 a 308 DAP), um incremento em ganho de peso da matéria seca com o passar dos dias. A evolução do peso de matéria fresca e seca não revelou o padrão sigmóide de crescimento descrito por Salysbury & Ross (1985), mas evidencia o tipo exponencial obtido por Reinhardt e Medina (1992). Verifica-se também, equações de regressão com bons valores de R^2 (0,9535 para a FFT e de 0,9635 para a FST). Os maiores valores obtidos para a 1ª fase do cultivo foram 3.170 g para a FFT e 411,65 g para a FST. Pequenas variações em ganho de peso são observadas logo após o tratamento da indução floral (TIF). A média de FFT e FST para a 1ª fase do cultivo foi de 1.343,56 g e 171,10 g, respectivamente e, após o TIF, 4.024,00 g para a FFT e 555,96 g para a FST mostrando

então, na 2ª fase, a influência do pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes no ganho de peso da FST, em relação à 1ª fase de crescimento do cultivo. De acordo com Malézieux et al. (2002), o acúmulo de matéria seca fixada pelo abacaxi é superior ao do trigo (18 a 29 ton./ha/ano) e inferior à da cana-de-açúcar (67 ton./ha). O acúmulo de matéria seca no abacaxi durante o ciclo de cultivo foi de 41 ton./ha em Côte d'Ivoire (Locoeuilhe, 1976). Bartholomew (1982) registrou 62 ton/ha em período de 24 meses no Havai. Neste estudo, multiplicou-se a última amostra obtida para FST, pelo número de plantas da área experimental, onde resultou uma estimativa em FS de 34,1 ton/0,81ha e/ou 41,5 ton/ha. Este acúmulo de matéria seca pelo abacaxi, está associado com os altos valores do IAF (índice de área foliar) e a habilidade das folhas em manter a capacidade fotossintética prolongada por um longo período de tempo (Malézieux et al. 2002).

Na Figura 4.7.h observa-se os valores obtidos para a FFT versus FST. Essas informações são importantes porque indicam a quantidade de água absorvida pela planta nos diversos estágios de desenvolvimento em relação ao que a planta possa converter em matéria seca (Benincasa, 1988). Foi determinada equação de regressão do tipo exponencial $y = 41,67 e^{0,2025x}$ com $R^2 = 0,9635$ para toda as fases do cultivo. Utilizando a cultivar Smooth cayenne e em condições de sequeiro, Rebolledo et al (1993) encontrou uma regressão linear do tipo $y = 30,60766 + 0,11891x$ com $R^2 = 0,9828$, especificamente para a 1ª fase vegetativa ficando evidente que, independente da cultivar Pérola ou Smooth cayenne, a 1ª fase do cultivo é marcada por linearização dos dados.

Na Figura 4.7.i encontram-se os valores de fitomassa seca total - FST para os diferentes órgãos da planta do abacaxizeiro (caule, folhas, pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes), ao longo do ciclo do cultivo. Encontram-se também nessa figura, as curvas de regressão para os respectivos órgãos em estudo. O maior valor absoluto em percentual de FST/órgão, referente às folhas foi de 75,23%, com equação de regressão do tipo $y = 0,0005x^2 - 0,0376x + 2,5023$, $R^2 = 0,9982$; caule com 9,22% e $y = 8E-05x^2 - 0,0147x + 0,7344$, $R^2 = 0,9993$; frutos com 8,45% e equação: $y = 0,0013x^2 - 0,9679x + 179,17$, $R^2 = 0,9958$; filhotes com 4,81%: $y = 0,0008x^2 - 0,582x + 107,74$, $R^2 = 0,9999$ e pedúnculo com 2,27% e equação de regressão: $y = 0,0213x - 7,2986$, $R^2 = 0,9995$.

De acordo com esses percentuais apresentados por órgão, o sistema fotoassimilador das folhas foi o que mais contribuiu para o ganho percentual de FST. Comparando-se os dados obtidos entre a FST/caule e FST/fruto, observa-se ligeira superioridade da FST/caule em relação a FST/fruto e, desse, apresentando-se duas vezes maior que a FST/filhotes e

quatro vezes maior que a do pedúnculo. Estudando o efeito da densidade de plantio sobre o crescimento e repartição da matéria seca em abacaxi cv. Smooth cayenne em condições irrigadas, no Havá, Zhang e Bartholomew (1997) obtiveram durante a fase vegetativa do cultivo, cerca de 87% de FST para as folhas e 13% para o caule. Esses resultados indicam que, independentemente do cultivar de abacaxi, os maiores ganhos em FST são obtidos durante a 1ª fase do cultivo, isto é, a de desenvolvimento vegetativo.

O comportamento, ao longo do ciclo do abacaxizeiro da FS do caule e das folhas, se encontra na Figura 4.7.j. Essa figura, evidencia a variação dos valores da FS para o caule e para as folhas, bem como as respectivas equações de regressão. Aos 308 DAP (1ª fase do crescimento vegetativo) os pesos da FS do caule e das folhas foram de 46,5 g e 372,5 g, respectivamente. Aos 420 e 448 DAP, a FS atingiu o valor máximo de 63,0 g para o caule e, 390,82 g para as folhas. Verifica-se também que dos 308 aos 420 DAP, o caule obteve um ganho de peso menor (17,49) do que na 1ª fase, (44,4 g). Para as folhas, a FS foi de 305,0 g na 1ª fase contra 18,3 g da 2ª fase, evidenciando que, na 1ª fase, as folhas foram os maiores responsáveis pelo ganho total de peso das plantas. Observa-se, também, que no período compreendido entre 56 DAP aos 168 DAP a fitomassa seca do caule teve pouca alteração, enquanto as folhas tiveram aumento em ganho de peso mais pronunciado. Isto sugere que após o plantio das mudas, o sistema fotoassimilador da planta (folhas) inicia gradativamente o incremento de assimilados, enquanto o caule, transfere e/ou espera que outros órgãos, como as raízes, tenham preferência em ganho de assimilados para, só então, retornar ao seu crescimento, o que ocorre aos 168 DAP. Para o cultivo do feijão, Lopes et al. (1987) relataram que a seqüência preferencial dos drenos metabólicos é iniciada pelas raízes e folhas, e, após algum tempo, o desenvolvimento vegetativo da planta mudou-se para o caule. Quando atingiu o ganho máximo de matéria seca, iniciou-se o enchimento dos grãos. Entretanto, ressalta-se que as análises com crescimento de raízes, não foram objetos de estudo do abacaxizeiro. Py (1959), citado por Malézieux et al. (2002), descreve que as folhas representam 90% do peso fresco, durante a fase de crescimento.

Na Figura 4.7.k, são mostrados os dados de FFT e FST para o pedúnculo, inflorescência/fruto e filhote. Essa figura evidencia também, as equações de regressão para cada um desses órgãos. Nota-se um aumento crescente de FF e FS para todos os órgãos. Observa-se, também, que os maiores ganhos de assimilados nessa fase ocorreram na inflorescência/fruto, seguido de ganho de peso dos filhotes. Essas informações estão de acordo com os dados obtidos por Zhang e Bartholomew (1997). Reinhardt & Medina

(1992) observaram que a cv. Pérola formou pedúnculo maior e mais pesado do que a cv. Smoth cayenne por volta dos dois meses após o TIF, obtendo média de FFT do pedúnculo, mudas grandes e mudas pequenas, e entre cultivares, aproximadamente 100 g, e, para FST = 15 g para o pedúnculo. Com relação à FFT e FST da inflorescência/fruto, os autores obtiveram valores de aproximadamente 1.300 g e 140 g, respectivamente, por ocasião da colheita. Ainda de acordo com a figura 4.7.k, os valores médios de FF e FS mensal do pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes, após o TIF, foram de 212,10 g e 25,53 g, 817,10 g e 94,96 g, 445,42 g e 54,03 g, respectivamente, o que, em termos percentuais, a FST do pedúnculo representou 26,8% em relação à FST do fruto e, 47,2% em relação a fitomassa do filhote. Conclui-se, assim, que valores aproximados a 2/3 e 1/2 da FS fruto e do filhote, respectivamente, representam cargas extras suportadas pelo pedúnculo, mostrando assim, sua importância em termos de suporte e distribuição mecânica de peso à sustentação de outro órgão, no caso, o próprio fruto. Daí que, pedúnculos supostamente de diâmetro mais finos tendem a quebrar-se pela ação dos ventos, sugerindo um baixo e irregular acúmulo/distribuição da fitomassa ao longo deste órgão.

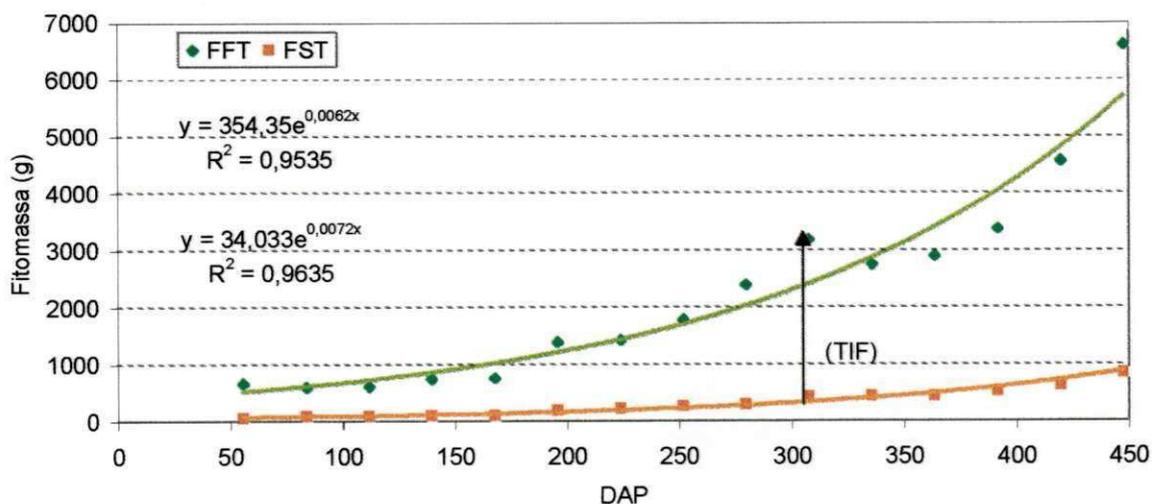


Figura 4.7.g - Fitomassa Fresca Total (FFT) e Fitomassa Seca Total (FST) durante toda a estação de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

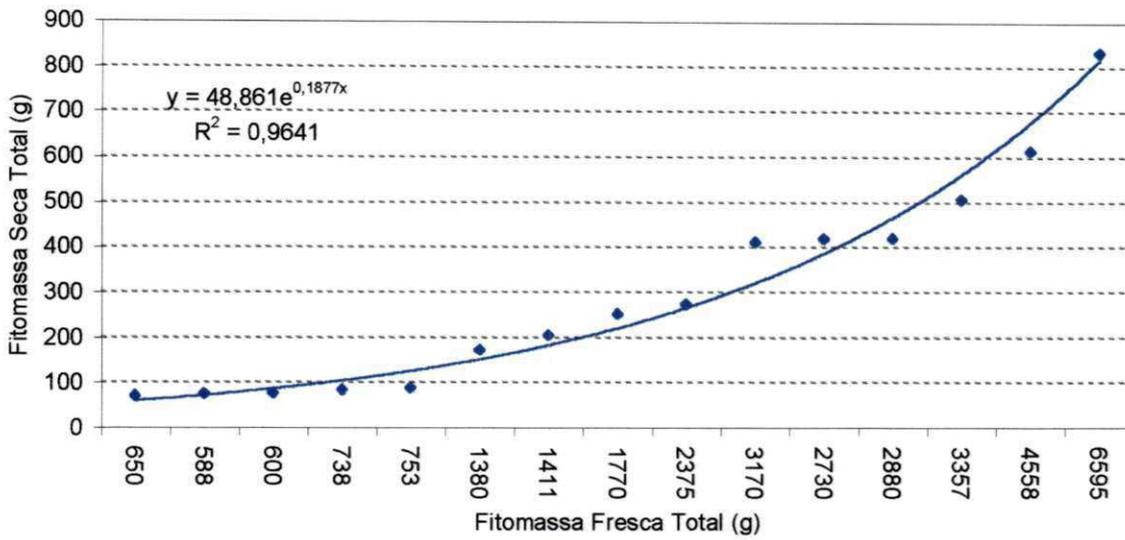


Figura 4.7.h - Fitomassa Fresca Total (FFT) versus Fitomassa Seca Total (FST), durante toda a estação de cultivo do abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

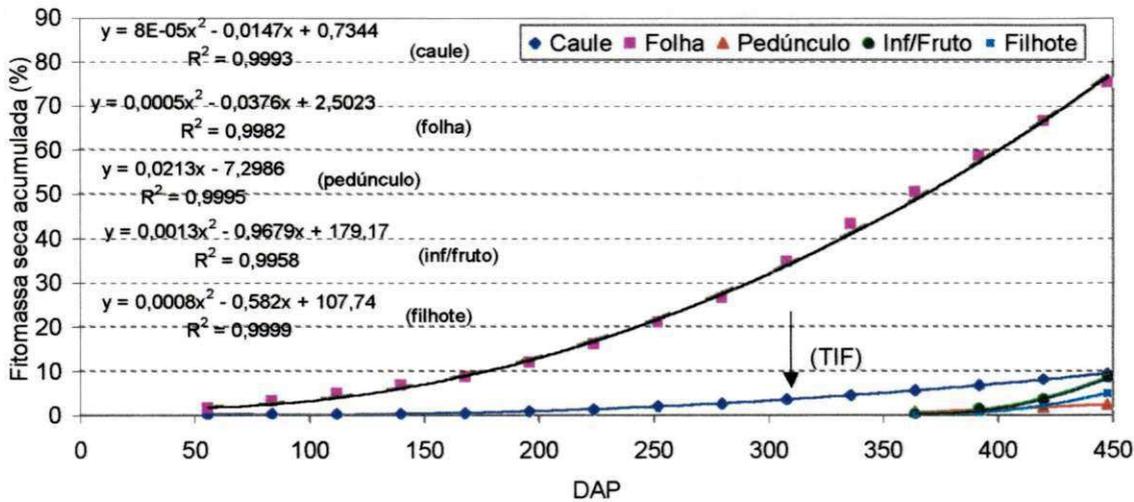


Figura 4.7.i - Porcentagem da Fitomassa Seca dos órgãos da planta do abacaxizeiro, cv. Pérola, obtidos durante a estação de cultivo,. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2022.



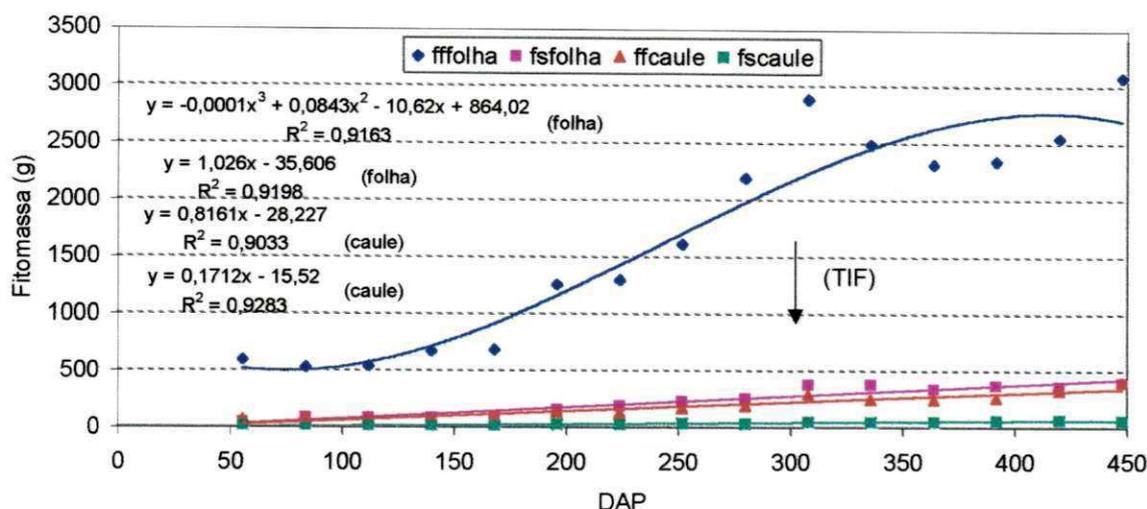


Figura 4.7.j - Fitomassa total fresca e seca do caule e da folha do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante toda a estação de cultivo. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

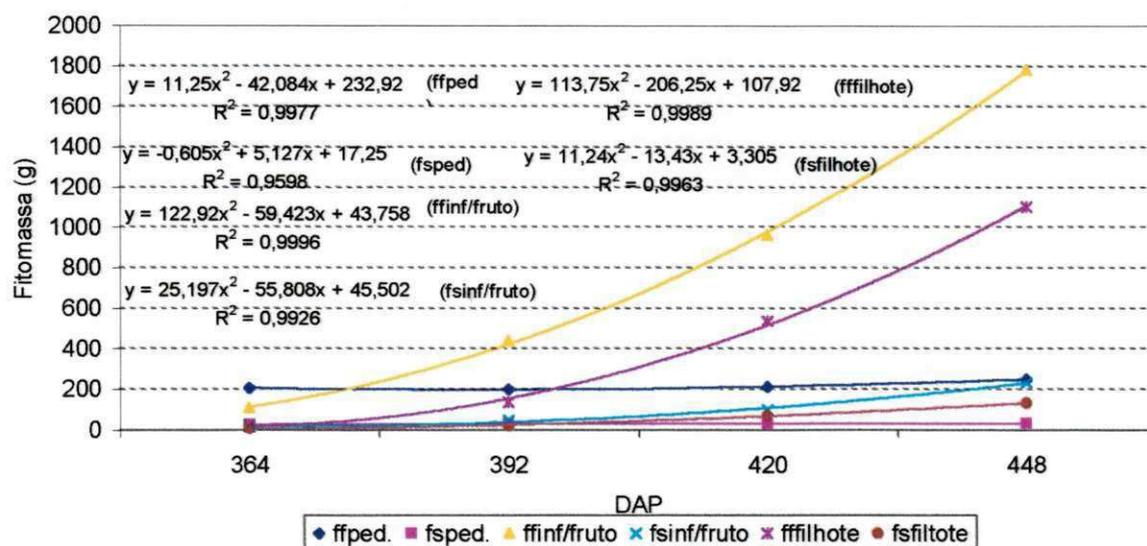


Figura 4.7.k - Fitomassa Fresca e Fitomassa Seca do pedúnculo, inflorescência/fruto e filhotes do abacaxizeiro durante a fase de produção, 2001/2002

No Quadro 4.7.1, encontra-se o resultado médio de diversas variáveis da planta do abacaxizeiro cv. Pérola, da parcela experimental e do lisímetro, obtidos por ocasião da última coleta de plantas para análise, enquanto que, no Quadro 4.7.2, são

apresentados os dados comparativos de abacaxizeiro provenientes de alguns municípios brasileiros.

QUADRO 4.7.1 - Características dos dados provenientes da última coleta de plantas para análise, com o abacaxizeiro, cv. Pérola. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

PLANTA	Parcela experimental	Lisímetro
Altura de planta (cm)	115,00	-
Diâmetro da planta (cm)	100,00	-
Número de folhas	43,00	-
Comprimento do caule (cm) (aéreo + subterrâneo)	25,00	-
Diâmetro do caule (cm)	5,17	-
Altura de inserção do fruto (cm)	45,33	-
Comprimento do pedúnculo (cm)	42,00	-
Diâmetro do pedúnculo (cm)	2,5	-
Número de filhotes	9	-
Comprimento dos filhotes (cm)	26,6	-
Peso fresco do caule (g)	395,00	-
Peso fresco das folhas (g)	3,080,	-
Peso fresco do pedúnculo (g)	245,00	-
Peso fresco filhotes (g)	1.096,00	-
Peso seco à estufa do caule (g)	56,61	-
Peso seco à estufa das folhas (g)	390,82	-
Peso seco à estufa do pedúnculo (g)	28,30	-
Peso seco à estufa dos filhotes (g)	128,00	-
Peso fresco total da planta sem raiz (g)	6.595,00	-
Peso seco total da planta sem raiz (g)	831,82	-
FRUTO		
Comprimento (cm)	24	23
Diâmetro (cm)	10,7	11,8
Peso do fruto com coroa (g)	1.1778,33	1.786,00
Peso seco do fruto com coroa (g)	228,60	249,54
Peso do fruto (g)	1.657,93	1.642,83
Peso seco do fruto (g)	212,15	231,40
Comprimento da coroa (cm)	18,00	19,67
Peso da coroa (g)	120,40	143,17
Diâmetro do coração (cm)	2,40	2,50
Sólidos solúveis Totais (°Brix)	14,70	14,60
Acidez (ml de NaOH 0,1 N/10 ml suco)	4,50	4,60
Número de frutinhos/fruto	9	9

QUADRO 4.7.2. Dados comparativos de abacaxizeiro proveniente de alguns municípios brasileiro.

Características comparativas de abacaxizeiros provenientes de alguns municípios brasileiros					
Características	Area experimental – Santa Rita, PB, 2001/2002	Lisímetro – Santa Rita, PB, 2001/2002	Sapé, PB*	Sousa, PB*	Mocambinho, MG*
FRUTO					
Comprimento (cm)	24,00	23,00	22,00	18,00	-
Diâmetro (cm)	10,70	11,80	10,60	10,60	-
Peso do fruto (g)	1.657,93	1.642,82	1.573,00	1.296,00	953,00
Comprimento da coroa (cm)	18,00	19,67	14,00	14,80	-
Peso da coroa (g)	120,40	143,17	72,00	91,00	-
Diâmetro do coração (cm)	2,40	2,50	2,50	2,00	-
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	14,70	14,60	16,00	15,10	14,00 – 16,00
Acidez (ml de NaOH 0,1N/10 ml de suco)	4,50	4,60	4,70	5,10	6,10
PLANTA					
Altura de inserção do fruto (cm)	45,33	-	58,00	63,00	-
Diâmetro da planta (cm)	72,37	-	75,00	77,00	-
Número de filhotes	9	-	11	6	6

(*) Adaptado de Carvalho et al (2001).

4.7.6 - Área Foliar

A área foliar do abacaxizeiro, medida e estimada (cm^2) encontra-se na Figura 4.7.1, com equação de ajuste do tipo: $Y = \text{EXP}[a + b \cdot x + c \cdot x^{0,5}]$, onde $a = -5,1276$; $b = -0,0452$ e $c = 1,6498$ e $R^2 = 0,9339$

A área foliar permite avaliar as condições de rendimento de uma cultura nos aspectos de aproveitamento de radiação fotossinteticamente ativa, o relacionamento da cultura com a energia do meio, o aproveitamento do gás carbônico do meio, dentre outros. A área foliar esta relacionada diretamente com o índice de área foliar que, mesmo sendo numericamente diferentes, refletem a mesma eficiência no aproveitamento da luz ou nutrientes do solo (Benincasa, 1988; Souza, 1994). De acordo com a Figura 4.7.1, durante a 1ª fase, ou fase morfológica vegetativa, evidencia-se um aumento da área foliar, uma vez que este órgão busca preparar-se para acumular assimilados, necessários ao suporte das fases subseqüentes. O maior incremento em área foliar para a 1ª fase do ciclo do cultivo foi obtido aos 308 DAP (24.996 cm^2). Após o TIF, houve um decréscimo da área foliar, justificado pelo reduzido número de folhas das amostras avaliadas e/ou pelo efeito da senescência parcial e principalmente dos manejos contínuos no cultivo. Pesquisando a cultivar Smooth cayenne, nas condições do Havai (regime de sequeiro), Batholomew e Kadzimin (1997) obtiveram para a área foliar dessa cultivar, $0,7 \text{ m}^2$ aos 8 meses de idade, para uma indução floral, forçada aos 10 meses. Com a mesma cultivar e na mesma idade das plantas do estudo anterior, Rebolledo et al (1993), obtiveram $1,1 \text{ m}^2$ de área foliar. Segundo estes autores, isso é justificado pelas altas temperaturas do local e a baixa densidade de plantas analisadas no seu estudo. Considerando a Figura 4.7.1, aos 224 DAP (± 8 meses), a área foliar obtida para a cultivar Pérola foi $0,76 \text{ m}^2$, semelhante àquela obtida para a cultivar Smooth cayenne por Batholomew e Kadzimin (1997) e bem menor do que os valores obtidos por Rebolledo et al (1993). Para Py (1959), a área foliar por planta pode alcançar $2,2 \text{ m}^2$ para uma planta com peso fresco de $3,6 \text{ Kg}$.

4.7.7 - Índice de Área Foliar

Por definição, o índice de área foliar (IAF) é a relação entre área foliar total e a área do solo sombreada pelas folhas. Entretanto, é usual determina-lo a partir da relação entre área foliar total e área do solo disponível para a planta, o que, no caso de culturas agrônômicas é o espaçamento estabelecido.

Na Figura 4.7.m, verifica-se um aumento gradativo do IAF durante a 1ª fase e uma redução aos dias que se seguem. Esta primeira etapa é marcada pela fase

morfológica de crescimento vegetativo enquanto a que se segue após o TIF, marca a fase de inflorescência/formação do fruto. Verifica-se a ocorrência do maior valor de IAF medido aos 308 DAP (12) sendo, também, o maior valor encontrado para todo o ciclo do cultivo. De acordo com Malézieux (1991), Zhang (1992), Bartholomew e Malézieux (1994), os cultivos herbáceos, como soja, algodão, dentre outros, alcançam um ótimo IAF entre 3 e 4, enquanto para o abacaxí, pode alcançar valores muitos maiores do que 7. Por ocasião da indução floral, o IAF pode alcançar 12, entretanto, valores entre 6 e 8 são os mais comuns (Malézieux et al. 2002). Esta afirmação, então, está de acordo com os valores encontrados antes, durante e depois da TIF, neste estudo com o abacaxizeiro, cv. Pérola, em Santa Rita, PB, 2001/2002.

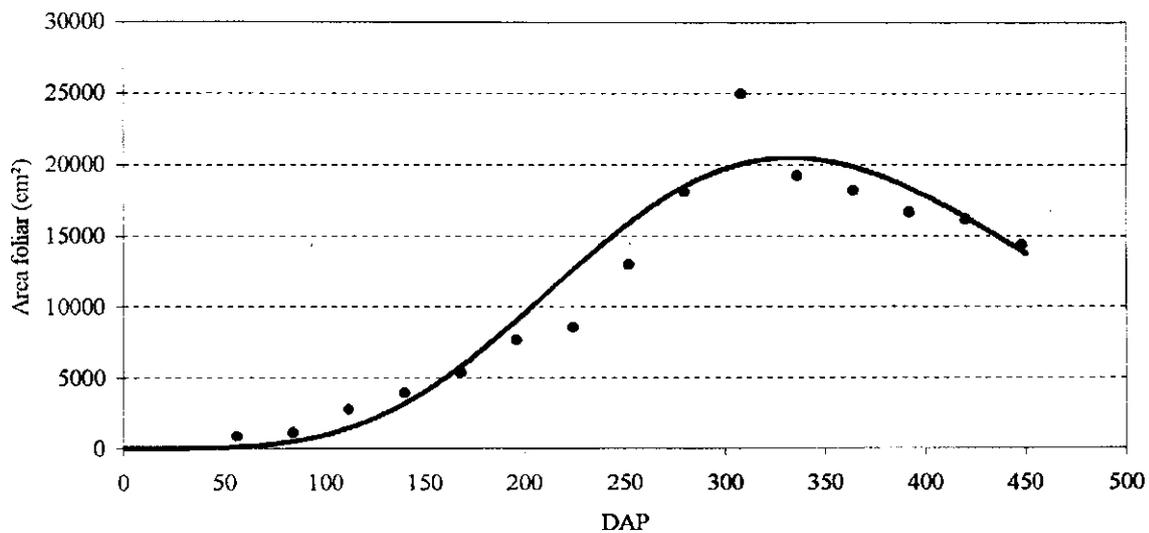


Figura 4.7.1 - Área foliar do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002.

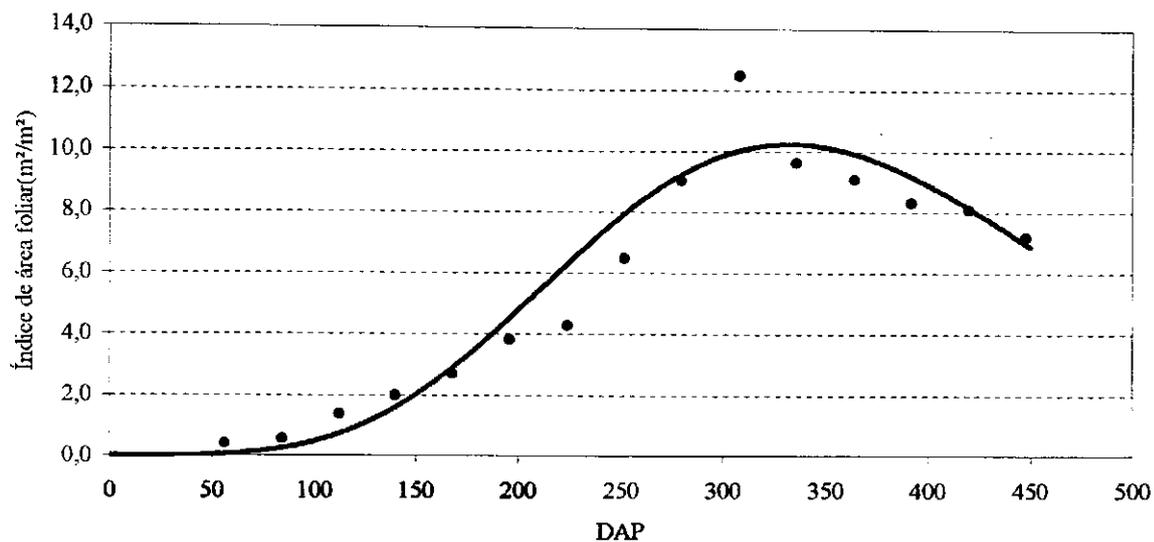


Figura 4.7.m - Índice de área foliar do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante toda fase de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

4.7.8 - Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR), Taxa de Assimilação Líquida (TAL)

O uso de modelos matemáticos para expressar o crescimento, $C=f(\text{tempo})$ e seus parâmetros derivados (TCA, TCR, TAL, etc.) é atualmente muito popular e pode, eventualmente, fornecer subsídios para melhor compreensão dos diferentes processos fisiológicos envolvidos na morfogênese das plantas (Calbo, 1989). Baseado nos trabalhos desse autor, procurou-se analisar as respectivas taxas (TCA, TCR e TAL), buscando-se encontrar modelos matemáticos que melhor representassem essas taxas sem, no entanto, esquecer o significado biológico da representação dessas curvas de ajustes. Assim, a Taxa de Crescimento absoluto (TCA) ficou mais bem ajustada a uma curva exponencial, onde a velocidade de crescimento pode ser observada na Figura 4.7.n. A Taxa de Crescimento Relativo (TCR) torna-se decrescente com o passar dos dias de cultivo. Esta taxa estabelece que o crescimento dependerá do material pré-existente no início do período e da eficiência da planta na produção de novos produtos fotossintéticos. Na Figura 4.7.o encontra-se a curva de ajuste aos valores da TCR para todo o ciclo do cultivo. Para a Taxa de Assimilação Líquida (TAL) foi ajustada semelhantemente ao modelo da TCR, mostrando relações com essa taxa e expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de matéria seca produzida (em gramas), por centímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo.

Semelhante a TCR, a TAL tem valores altos inicialmente e, ao passar dos dias, vai diminuindo sua atividade fotossintética pela folhas, operando em sua capacidade assimilatória até aos 330 DAP, quando, então outros componentes passam a atuar com maior intensidade, como, por exemplo, as ações da inflorescência/frutificação. O modelo ajustado para a TAL, pode ser visualizada na Figura 4.7.p.

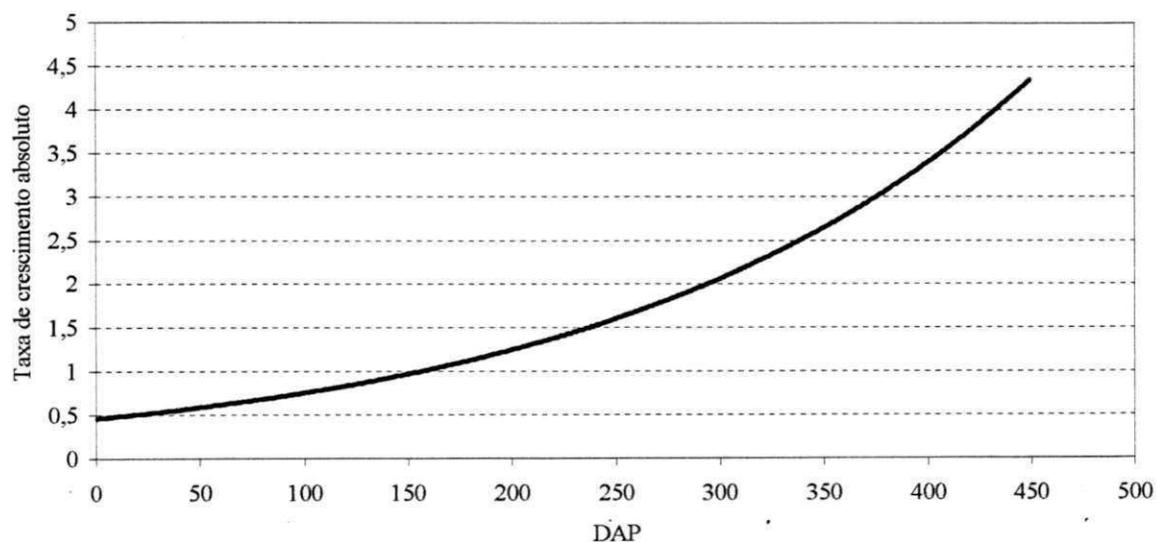


Figura 4.7.n - Taxa de crescimento absoluto do abacaxizeiro, cv. Pérola, durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

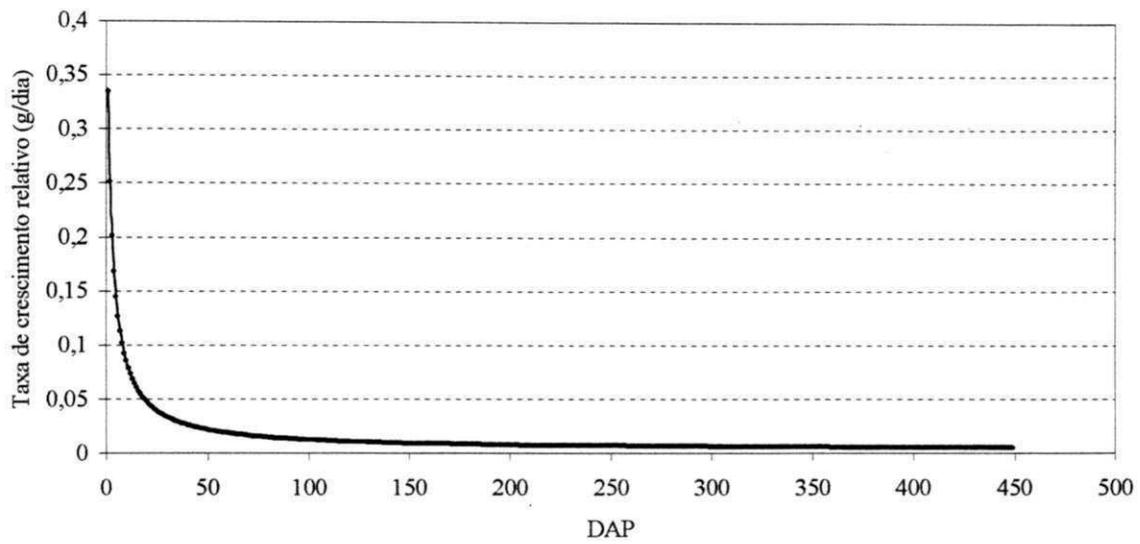


Figura 4.7.o - Taxa de crescimento relativo do abacaxizeiro durante as fases de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

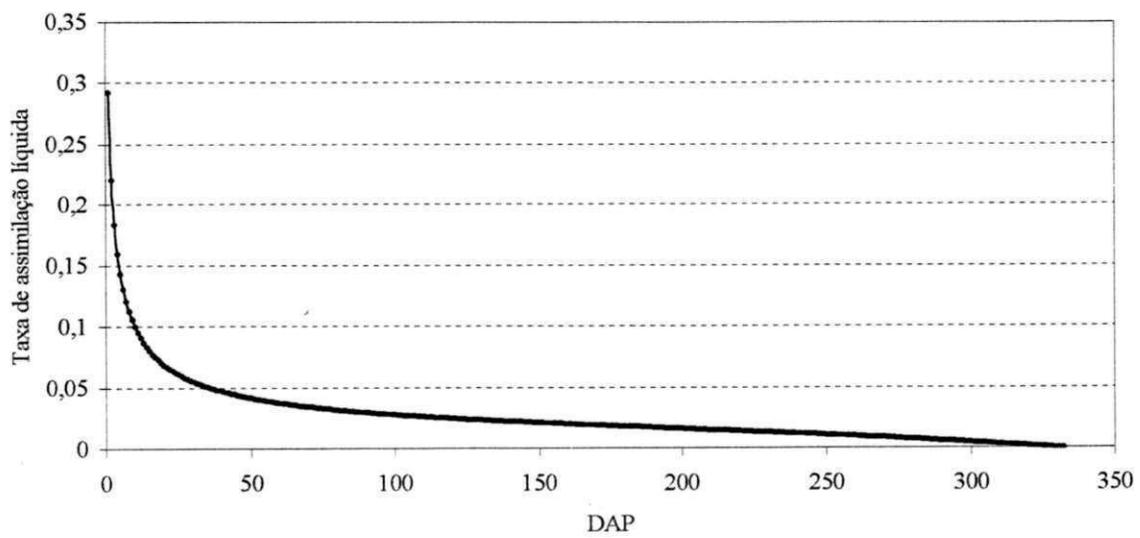


Figura 4.7.p - Taxa de assimilação líquida do abacaxizeiro durante toda fase de crescimento e desenvolvimento. Sítio Senhor do Bonfim, Santa Rita, PB, 2001/2002

4.7.9 - Aspectos qualitativos do fruto

Como se afirma na literatura, a qualidade do fruto antes da colheita está associada a períodos de luminosidade suficiente para desenvolver as concentrações de qualidade. Dias com chuva e de média nebulosidade, marcaram o período da colheita, o que se obteve para Sólidos Solúveis Totais (°Brix) 14,7 para a parcela experimental e 14,6 para o lisímetro, sendo esses valores considerados pela literatura como frutos de boa qualidade em SST (°Brix). A acidez (ml de NaOH a 0,1 N/10 ml suco) embora baixa, com média de 4,5 para a parcela experimental e 4,6, conferiu ao fruto um sabor propício ao consumo *in natura*.

5 - CONCLUSÕES

1. O fluxo de calor latente (LE) acompanhou a evolução diária do saldo de radiação (Rn), e a proporção LE/Rn esteve em torno de 80%;
2. A evapotranspiração do cultivo do abacaxizeiro (ETc), cv. Pérola foi de 4,2 e 4,5 para as sub-fases de crescimento vegetativo (I1 e I2), respectivamente, 4,4 para a fase de florescência/queda de flores (II), 3,8 para a fase de desenvolvimento do fruto (III) e 3,5 mm.dia⁻¹ para a fase de colheita (IV). A média para todo o ciclo foi de 4,1 mm.dia⁻¹. Os consumos médios, dentro dessas fases foram de 739, 303, 285 e 31 mm.dia⁻¹.
3. O peso do fruto considerado de primeira, nas condições de irrigação complementar, esteve acima de 1,7 Kg, com rendimento de 60% do total colhido (57.000 Kg), 1,3 Kg a 1,7 Kg, para frutos de segunda, com 30% de rendimento e 10% restantes considerados para indústria de sucos e rações.
4. Neste experimento, o uso da irrigação complementar, manejo adequado ao cultivo e condições climáticas favoráveis, elevou o peso do fruto, em comparação ao peso do fruto encontrado em outros experimentos conduzidos no Brasil com a cultivar Pérola.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. et al. *Crop evapotranspiration*. Roma: FAO, 1998. 301 p. (Irrigation and Drainage paper 56)
- ALMEIDA, O. A. de. *Irrigação em Abacaxi*. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1995, 33p. (EMBRAPA-CNPMF. Documentos 60).
- ALMEIDA, O. A.; REINHARDT, D. H. R. C. Irrigação In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R.; SOUZA, L. F. da S. *O abacaxizeiro: Cultivo, Agroindústria e Economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 480p.; il. 1999
- ALMEIDA, O. A. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. *ITEM*, 55, pag. 53, 2002,
- AMARAKOON, D.; CHEN, A.; McLEAN, P. Estimating daytime latent heat flux and evapotranspiration in Jamaica. *Agriculture and Forest Meteorology*. 102(2-3), 113-124, 2000
- ANGUS, D. E.; WATTS, P. J. Evapotranspiration How good is the Bowen ration method? *Agricultural water manegement*, Amsterdam, v. 8, p. 133-150, 1984.
- ARYA, S. P. Introduction to micrometeorology. North Carolina: Academic Press, 307 p. 1988
- ASOEGWUS, S. N. Effect of irrigation and nitrogen on the growth and yield of pineapple. *Fruits*, Paris, v. 42, n. 9, p. 505-509, 1987.
- ASSENG, S.; HSIAO, T. C. Canopy CO₂ assimilation, energy balance, and water use efficiency of an alfafa crop before and after cutting. *Field Crops Research*. v. 67, p. 191-206, 2000.
- ASSIS, F. N. de. Validação da equação de Penman-Monteith para estimar a evapotranspiração de referência em condições brasileiras. In.: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7, *Anais...*, Viçosa, SBA, p. 164-167, 1991.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. M. A qualidade da água na agricultura: Campina Grande: UFPB, 1991, 218p.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. *Introdução à fisiologia Vegetal*. São Paulo: Nobel, 177 p. 1983.
- AZEVÊDO, P. V. de.; RAMANA RAO, T. V.; AMORIM NETO, M. da S. et al. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 28, n. 7, p. 863-870. Julho/1993.

- AZEVÊDO, P. V.; TEIXEIRA, A. M. C.; SILVA, B. B. et al. Avaliação da reflectância e do saldo de radiação sobre o cultivo de videira europeia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 1-7, 1997
- BARRADAS, V. L.; TEJEDA-MARTINEZ, A.; JAUREGUI, E. Energy balance measurements in a suburban vegetad área in México City. *Atmospheric Enviroment*. v. 33, p. 4109-4113, 1999.
- BARREIRO NETO, M.; CHOIRY, S. A.; LACERDA, J. T. et al. Caracterização do abacaxizeiro Pérola no Estado da Paraíba. *Pesquisa Agropecuária*. EMEPA, n. 10, 33-39, 1998.
- BARREIRO NETO, M.; CHOIRY, S. A.; SANTOS, E. S. et al. Composição física do fruto do abacaxizeiro Pérola em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária*. EMEPA, n. 10, 19-22, 1998
- BARREIRO NETO, M.; LACERDA, J. T.; CHOIRY, S. A. et al. Comportamento de híbridos de abacaxizeiro no Estado da Paraíba II. Adaptabilidade. In: *Abacaxicultura Contribuição Tecnológica*. Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba, João Pessoa, p. 9-14, 1998
- BARREIRO NETO, M.; LACERDA, J. T. de.; CHOIRY, S. A. et al. Avaliação de acesso de um banco ativo de germoplasma de abacaxizeiro. In: *Abacaxicultura-contribuição tecnológica*. EMEPA – PB, 1999. p 19-24.
- BARREIRO NETO, M.; LACERDA, J. T. de.; CARVALHO, R. A. et al. Caracterização e avaliação de germoplasmas de abacaxizeiro. In: BARREIRO NETO, M. e SANTOS, E. S. (Ed.) *Abacaxi: Da agricultura familiar ao agronegócio*. João Pessoa. EMEPA-PB, 2002. p.13-21.
- BARTHOLOMEW, D. P. Environmental control of carbon assimilation and dry matter production by pineapple (*Ananas comosus*). In: Ting, I.P. and Gibbs, M. (eds) *Crassulacean Acid Metabolism*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland, 278-294, 1982
- BARTHOLOMEW, D. P.; MALÉZIEUX, E. P. Pineapple. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C.; ed. *Handbook of environmental physiology of fruits crops: sub tropical and tropical crops*. Boca Raton: CRC Press, v. 2, Cap. 11, p. 243-291, 1994.
- BARTHOLOMEW, D. P.; KADZIMIN, S. B. Pineapple. In: ALVIM, P. DE T.; KOZLOWSKI, T.T. *Ecophysiology of tropical. Crop*. Academic Press, p. 113-156, 1997

- BENINCASA, M. M. P. *Análise de Crescimento de Plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 42p, 1988.
- BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J. C.; VIEIRA, H. J.; ANGELOCCI, L. R.; LIBARDI, P. Deficiência Hídrica em feijoeiro. II. Balanço de energia. Pesquisa agropec. Brás.; Brasília, 23 (7) : 745-757, julho 1988
- BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 5ª ed. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. Viçosa. Minas Gerais, 596p, 1989.
- BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S. P. de; BARREIRO NETO, M. Efeito do Hipoclorito de sódio e da água de côco na germinação da semente de abacaxi Ananas comosus. In: abacaxicultura contribuição tecnológica. *Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S. A.* João Pessoa, p. 31-36, Julho 1999.
- BOWEN, I. S. The ration of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface, *Phys. Ver. Ser. 2*, Ithaca, v. 27., p. 779-787. 1926
- BRIGHENTI, A. M.; SILVA, J.; SEDIYAMA, T. et al. Análise de crescimento da tiririca (*Cyperus rotundes* L.). *Revista Ceres*. Viçosa, 44(251): 94-110, 1997.
- BURBA, G. G.; VERMA, S. B.; KIM, J. Surface energy fluxes of Phragmite australis in prairie wetland. *Agriculture and Forest Meteorology*, 94, 31-51, 1999
- BURMAN, R. D.; NIXON, P. R.; WRIGTH, J. L. et al. Water requeriment. In. JENSEN, M. E. Desing and operation of farm irrigation system. St. Joseph: *ASAE*, Cap. 6, p. 189-232, 1980.
- BURMAN, R.; POCHOP, L.O. Evaporation and climatic data. Amsterdam, *Elsevier*, 278p. 1994.
- CALBO, G. A.; SILVA, W. L.; TORRES, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, 1(1): 1-7, 1989
- _____ Ajuste de funções não lineares de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, 1(1): 9-18, 1989
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, 59 (2), 125-137, 2000
- CAMPBELL, A. P. The effect of stability on the evaporation rates measurement by the energy balance. *Method. Agric. Meteoril.* 11: 261-267, 1972
- CARVALHO, A. M. de; Irrigação no Abacaxizeiro. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v. 19, p. 58-61. 1998.

- CARVALHO, R. A.; LACERDA, J. T. de; OLIVEIRA E. F. de; CHOAIRY, S. A.; BARREIRO NETO. M. Abacaxicultura Irrigada no Semi-árido Paraibano. *Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A*. Documentos 32, João Pessoa-PB 2001 .
- CHALFOUN, S. M. A abacaxicultura brasileira e o Mercado globalizado. In: Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 5-6, 1998
- CHAN, A. S. K.; PRUEGER, J. M.; PARKIN, T. B. Comparison of closed chamber and Bowen-ratio methods for determining methane flux from peatland surfaces. *Journal of Environment Quality*, v. 17, n. 1, p. 232-239, 1998
- CHIEW, F. H. S.; KAMALADASA, N. N.; MALANO, H. M. et al. Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 28, p. 9-21, 1995
- CHOAIRY, S. A. O cultivo do abacaxi na Paraíba. In: *Correio Agrícola*, Bayer do Brasil S. A. 183 p., 1978
- CHOAIRY, S. A. a cultura do abacaxizeiro; práticas de cultivo. *Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A*. Circular Técnica n. 1, João Pessoa, 21 p. 1985.
- CHOAIRY, S. A. O abacaxizeiro. João Pessoa: EMEPA – PB, 1990. 140p. (EMEPA – PB. Documento, 16)
- CLARK, G. A; ALBREGTS, E. E.; STANLEY, C. D. et al. Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v. 39, n. 3, p. 905-912, 1996.
- COMBRES, J. C.; PERRIER, A. Bilan énergétique d'une culture d'ananas. In: conférence technique. OMM/FAO, Ibadan, 12-16 July, 1977
- COMBRES, J. C. Economie d'eau on irrigation intensive. In: Reunion annuelle IRFA. Document interne, IRFA, Montpellier, France. p. 57, 1979
- COMBRES, J. C. Bilan énergétique de l'ananas: utilisation optimale des potentialités climatiques. Document interne, MENRS/IRFA, Montpellier, France, 1983
- COSTA, W. P. L. B. da; TEIXEIRA, A. H. E.; BASSOI, L. H. et al. *Estimativa da evapotranspiração da cultura da bananeira a partir de dados de radiação solar Global*. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, Fortaleza 3-6 Julho 2001. p. 461.462

- COLLINS, J. L. The pineapple: botany, cultivation and utilization. London: Leonard Hill, 1960. 294p.
- CRAGO, R.; BRUTSAERT, W. Daytime evaporation and the self-preservation of the evaporative fraction and the Bowen ratio. *Journal of Hydrology* 178, 241-255, 1996
- CUNHA, G. A. P. da; ROCHA, S. L. *Comportamento de cultivares de abacaxi sob irrigação no Norte de Minas Gerais*. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, 1993. 2 P. (EMBRAPA – CNPMF, Abacaxi em foco, 95)
- CUNHA, G. A. P. da; d'OLIVEIRA, L. O. B. *Avaliação agro-econômica do abacaxizeiro na bacia do sub-médio São Francisco*. Cruz das Almas, BA; EMBRAPA-CNPMF, 2 p. EMBRAPA-CNPMF, abacaxi em foco, 105) 1993
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. C. Balanço de energia em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 2: 6-16, 1994.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H.; M. A. et al. Balanço de energia em cultura do milho. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 4(1): 1-14, 1996
- CUNHA, G. A. P. Implantação da cultura. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R.; SOUZA, L. F. da S. *O abacaxizeiro: Cultivo, Agroindústria e Economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 480p.; il. 1999
- CUNHA, A. P. da.; CABRAL J. R. S. Taxonomia, Espécies, Cultivares e Morfologia. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R.; SOUZA, L. F. da S. *O abacaxizeiro: Cultivo, Agroindústria e Economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 480p.; il. 1999
- CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J.F.; AGUIAR SILVA, M. A. de; *Balanço de radiação em cultura de pimentão em ambiente protegido e campo*. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, Fortaleza, 3-6 Julho 2001, p. 715-716.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H.; M. A. BERLATO, M. et al. Balanço de Radiação em cultura do milho. *Boletim de Pesquisa Online*. Nº 4. dez/2000. <http://www.cnpt.embrapa.Br>
- DAAMEN, C. C.; DUGAS. W. A.; PRENDERGAST, P. T.; JUDD, M. J. et al. Energy flux measurements in sheltered lemon orchard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93, 171-183, 1999

DEVITT, D.A.; SALA, A.; SMITH, S.; et al. Bowen ration estimates of evapotranspiration for *Tamarix ramosissima* stands on the Virgin River in southern Nevada. *Water Resources Research*, Washington, v. 34, n. 9, p. 2407-2414, 1998.

DOMINGO, F.; VILLAGARCIA, L.; BRENNER, A. J.; Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*. 95(2), 67-84, 1999

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H., *Efeito da água no rendimento das culturas* (Estudos FAO, Irrigação e drenagem 33), tradução Gheyi, H. R. e outros, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, FAO, 306p. 1994.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O., *Necessidades Hidricas das Culturas* (Estudos FAO , Irrigação e Drenagem, 24) tradução Gheyi, H. R. e outros, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, FAO, 204 p. 1997

DUGAS, W. A.; FRITSCHEN, L. J.; GAY, L. W. et al. Bowen ratio, eddy correlation, and portable chamber measurements of sensible and latent heat flux over irrigated spring wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*. v. 56, p. 1-20, 1991

EMBRAPA Caracterização dos solos do Brasil, 2001

ELTAHIR, E. A. B. A soil moisture feedback mechanism: 1. Theory and observations. *Water Resources Research* Washington, v. 34, n. 4, p. 765-776, 1998.

FONTANA, D. C. Balanço de radiação e balanço de energia em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) irrigada e não irrigada. Porto Alegre: UFRGS – Faculdade de Agronomia, 1987, 121 p. Dissertação de Mestrado

FRUTIFATOS Informações para a fruticultura irrigada, vol. 2. ; 2. Brasília, Junho 2002

FRITSCHEN, L. J.; GAY, L. W. *Environmental Instrumentation*. Springer-Verlag. New York. P. 215, 1979

FUCHS, M.; TANNER, C. B. ERROR ANALYSIS OF Bowen ratios measured by differential psychrometry. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v. 7, p. 329-334, 1970

GADELHA, R. S. S., VASCONCELLOS, H. O. Influência do tamanho e peso das mudas de abacaxi, *Ananas comosus* (L) MEER no desenvolvimento da planta e na qualidade do fruto. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, 12 (único): 151-56, 1977.

GADELHA, R. S. S., VASCONCELLOS, H. O., Mello M. Fenologia do abacaxi (cultivar Pérola) cultivado no estado do Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro – PESAGRO – Rio. Comunicado Técnico, 59 pag. 1-4, julho 1980

- GALVÃO, J. A. C. Estudo do balanço de radiação em área de floresta e pastagem na Amazônia. São José dos Campos: INPE, 1999, 125p
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F. Balanço de energia na cultura do pepineiro em ambiente natural protegido. *Bragantia*, 60(2), 127-137, 2001
- GANGADHARA RAO, C. B.; SHARMA, C.B.; CHADHA, K. L. et al. Effect of varying soil moisture regimes and nitrogen levels of plant growth, yield and quality of Kew pineapple (*Ananas comosus* (L)Meer.). *Indian Journal of Horticulture*, Bangalore v. 13, n. 4, 306-312, Dec. 1974.
- GARGNEL, M. D.; ORCHANSKY, A. L. BREVEDAN, R. E. et al. Evapotranspiration measurements over a Soy Bean Crop. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, *Proceeding of the International Conference* American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, November, 3 – 6, San Antonio, Texas, p. 304-308, 1996.
- GIACOMELLI, E. J.; PY, C. O abacaxizeiro no Brasil. Campinas: *Fundação Cargil*, 101 p. 1981.
- GORGATTI NETO, A. et al. Abacaxi para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita – Brasília – SPI, 1996. 41p.
- GRATTAN, S. R.; BOWERS, W.; DONG, A. et al. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. *California Agriculture*, vol. 52(1), 16-21, 1998
- HATFIELD, J. L. Research priorities In: ET: evolving methods. *Transactions of the ASAE*, v. 31. n. 2. p. 491-495, Mar/Apr. 1988.
- HEILMAN, J. L.; BRITTIN, C. L. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*. Amsterdam. V. 4, p. 261-273, 1989
- HEILMAN, J. L.; McINNES, K. J.; SAVAGE, M. J. et al. Soil and canopy energy balances in west Texas vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71, 99-114, 1994
- HEILMAN, J. L.; McINNES, K. J.; GESCH, R. W. et al. Effects of trellising on the energy balance of a vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*. 81(1-2), 79-93, 1996
- HUANG, C. C.; LEE, C. Effect of irrigation on pineapple. Taiwan. *Agric. Quart.* 5, 50 –58 1969.
- IRVINE, M. R.; GARDINER, B. A.; MORSE, A. P. Energy partitioning influenced by tree spacing. *Agroforestry Systems*. Amsterdam, v. 39, p. 211-224, 1998

- JARA, J.; STOCKLE, C. O.; KJELGAARD, J. Measurement of evapotranspiration and its components in a corn (*Zea mays*, L.) field. *Agriculture and Forest Meteorology* 92(2), 131-145, 1998
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. Am. Soc. Civil Eng.; Manual 70. New York, USA. 332p. 1990.
- JUAN VALERO, J. A.; OLALLA MAÑAS, F. J. M. S. *La medida de la evapotranspiración*. In: *Agronomía Del Riego*. Ediciones Madri-Press, Madri, 732 p. 1993.
- KOBAYASHI, M. K.; GOMIDE, R. L.; SEDIYAMA, G. C. *Comparação entre evapotranspiração da cultura do feijoeiro calculada pelo método de Penman-Monteith e medida pelo sistema razão de Bowen*. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, Foz do Iguaçu, PR 31/7 a 3/8 2001
- KUSTAS, W. P.; PRUEGER, J. H.; HATFIELD, J. L. Et al. Variability in soil heat flux from a mesquite dune site. *Agriculture and Forest Meteorology*. 103(3), 249-264, 2000
- KVET, J. ONDOCK, J. P. NECAS, J. et al. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z. CATSKY, J.; JARVIS, P. G. ed. *Plant photosynthetic production; manual of methods*. Haia, W.; JUNK, M. V., 1971, p. 343-349.
- LACOEUILHE, J. J. Croissance de l'ananas em fonction du type de rejet et de la fumure. Bilans de matière et sèche et em éléments minéraux. In: Réunion annuelle IRFA. Document interne, IRFA, Montpellier, France, 110p. 1976
- LE ROUX, J. C. The pineapple in South Africa. *Farming in South Africa*, v. 26, p. 198-202, 1951.
- LOPES, S. N. F.; OLIVA, M. A.; GOMES, M. S. et al. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), submetidos a três densidades do fluxo radiante e dois regimes hídricos. *Revista Ceres*. Viçosa, MG. V. 34, n. 192, p. 110-124, 1987
- LOPES, P. M. O. Evapotranspiração da mangueira na região do submédio São Francisco. Dissertação de mestrado, UFPB, 108p. 1999
- LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. et al. Balanço de energia num pomar de mangueira irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2001
- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; ARRUDA, J. I. F. M. V. et al. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio através de

funções matemáticas ajustadas. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 17, n. 6, p. 825-833. jun 1982.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.) *Fisiologia Vegetal*, São Paulo: EPU-EDUSP, 1979. 331-350.

MALÉZIEUX, E. Recherche de relations entre la biomassa aérienne, la surface foliaire et l'interception du rayonnement solaire chez l'ananas. *Fruits*, 46. 523, 1991

MALÉZIEUX, E., CÔTE, F., BARTHOLOMEW, D. P. Crop Environmental, Plant Growth and Physiology. In: *The Pineapple: Botany, Production and uses*. Edidat. By Bartholomew, D. P., Paul, R. E., Rohrbach, K. G., University of Hawaii, Manoa, Hononulu, USA 320p. 2002

MANZI, A. O.; MOLION, L. C. B.; SANTOS J. M. Estudos de radiação de onda longa em floresta de terra firme na região de Manaus. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 4 1985, Londrina, *Anais...*, Londrina: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1985, p. 113

MARKOSE, B. L. Effect of irrigation on growth, yield and quality of pineapple. *South-Indian-Horticulture*, v. 39, n. 2, p. 62-66, 1991.

MEDCALF, J. C. Respostas do abacaxizeiro quando irrigado. In: Simpósio Brasileiro sobre Abacaxicultura, 1º, Jaboticabal, 29 de novembro a 3 de dezembro. *ANAIS*. Jaboticabal-FEAV, 1982

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C. BLEINROTH, E. W., MARTIN, Z. J. de; et al. *Abacaxi: Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2. ed. Campinas: *ITAL*, p. 1-32, 1987 (Frutas Tropicais, 2)

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; et al. *Comparação entre o método Penman-Monteith FAO com o método do lisímetro para a estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte fluminense*. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Foz do Iguaçu, PR. 31/7 – 3/8 2001

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/SUDENE. Levantamento exploratório. *Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba*. Boletim Técnico no. 15. Rio de Janeiro. 1972.

MICHALOPOULOU, H.; PAPAIOANNOU, G. Reference crop evapotranspiration over Greece. *Agricultural Water Manegement*, Amsterdam, v. 20, p. 209-221, 1991

MITCHELL, A. R.; NICHOLSON, M. E. Pineapple growth and yield as influenced by urea spray schedules and potassium levels at three plant spacings. *Queensl. J. Agric. Anim. Sci.* 22, 409-18, 1965

MONTEITH, J. L. *Evaporation and environment*. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, 19, London 1964. Cambridge: University Press, p. 205-234. 1965

MORAN, M. S.; ARUMUGAM, N. Crop coefficients of major crops in south Índia. *Agricultural Water Management*. Amsterdam. V. 26, p. 67-80, 1994

MOURA, M. S. B. *Consumo hídrico da goiabeira (Psidium guajava L.) irrigada no vale do Rio São Francisco*. Campina Grande, UFPB, 2001, 120p. (Dissertação de Mestrado).

MORAN, M. S.; RAHMAN, A. F.; WASHBURN, J. C. et al. Combining the Penman-Monteith equation with measurements of surface temperature and reflectance to estimate evaporation rates of semiarid grassland. *Agriculture and Forest Meteorology*, 80(2-4), 87-109, 1996

NEILD, R. E.; BOSHELL, F. An Agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. *Agric. Meteorol.* 17, 81, 1976

N'GUESSAN, A. Analyse de l'évaporation réelle de Ananas comosus (L.) Merr. En Base Cote d'Ivoire. Docteur-ingenieur, ENSA-Rennes, Rennes (1985).

OAD, R.; DISPIGNO, M. Measurement of evapotranspiration in urban landscapes. In: *Evapotranspiration and Irrigation Scheduling; Proceedings of the International Conference*, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, November, 3-6, San-Antonio, Texas, p. 239-244, 1996

OKE, t. R. **Boundary layer climates**. London. Methuen & Co. Ltda., 1978. 372 p.

PAIVA, B. M. de.; RESENDE, L. M. A.; Aspectos econômicos da produção e comercialização do abacaxi, *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 7-11 1998.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceeding of the Royal Society*, v. 198, p. 116-140, 1948.

PENMAN, H. L. Evaporation: introduction survey. *Netherland Journal of Agriculture Science*, v. 4. n. 1. p. 9-29, 1956

PARMELE, L. H.; MCGUINNESS, L. J. Comparison of measured and estimated potential evapotranspiration in humid region. *J. Hidrol.*, v. 22, p. 239-51, 1974

- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz: *FEALQ*, São Paulo, 183p. 1997.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba, Agropecuária. 407p. 2002
- PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P. C. Difficulties with micrometeorological methods to estimate evapotranspiration in a small citrus orchard. *Revista Brasileira de Meteorologia*. V. 18. n. 1. 13-20, 2003
- PEREZ, P.J.; CASTELLVI, F.; IBÁÑEZ, M; ROSELL, J. L. Assessment of reliability of Bowen ration meter for partitioning fluxes. *Agriculture and Forest Meteorology*, Vol. 97 (3) 141-150 3-18, 1999
- PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JUNIOR, M. J. *Relações entre saldo de radiação, radiação solar global e fluxo de calor no solo em videira, cv. Niagara rosada*. IN: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, III REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. Fortaleza, 3-6 julho de 2001 Anais. p 797-798, 2001
- PINON, A. L'ananas de conserverie et sa culture. Côte D'Ivoire! *IRFA*, 82p. 1978.
- PY, C. Etude sur la croissance de l'ananas en Guinée. *Fruits* 14, 3-24, 1959
- PY, C. attempts to overcome water shortage, the principal limiting factor of pineapple growing in Guinea. *Fruits d'outro Mer.*, 20:315-29, 1965
- PY, C.; TISSEAU, M. A. L'ananas. *Techniques agricoles et productions tropicales*. Paris: G.P. Maisonneuve et Larose, 298 p. 1965.
- PY, C. Contribution. l'étude du cycle de l'ananas. *Fruits*, v. 23, n. 8, p. 403-413, 1968
- PY, C. **La Piña Tropical**. Barcelona: Editorial Blume, 1969. 278p.
- PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISON, C. *L'ananas, sa culture, ses produits*. Paris: G. P. Maisonneuve et Larose et al A. C. C. T., 562 p. 1984
- Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigrangeiros – Classificação do Abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) Centro de Qualidade em Horticultura CEAGESP cqhor@uol.com.br
- PRUEGER, J. H.; HATFIEL, J. L.; AASE, J. K. Et al. Bowen-ratio comparisons with lysimeter evapotranspiration. *Agronomy Journal*. Madison, v. 89, n. 1, p. 730-736, 1997
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. *Crop Sci*. Madison, v. 7. p. 171-175, 1967.

- RANA, G.; KATERJ, N. Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. *European Journal of agronomy* 13, 125-153, 2000
- REBOLLEDO, M. A.; MOSQUEDA, V. R.; BALERRIL, R. A. E. et al. Growth análisis of Smooth cayenne pineapple grow under four fertilizer rates in Vera Cruz. México. *Acta Horticulture*, n. 334, p. 159-169, 1993
- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. Editora Manole. São Paulo. 188 p. 1987
- REINHARDT, D. H. R.; CUNHA, G. A. Indução floral do abacaxi cv. Pérola em função da época da última adubação. *Ver. Bras. Frutic. Cruz das Almas (BA)*, 4 (único) 7-14, 1982
- REINHARDT, D. H. R.; MEDINA, V. M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth cayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n. 3, p. 435-447, 1992
- REINHARDT, D. H. R. A planta e o seu ciclo. In.: REINHARDT, D. H. R.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). ABACAXI. Produção: Aspectos técnicos. Cruz das almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 13-14; il. (Frutas do Brasil, 7)
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. *Microclimate: The biological environment*. 2ª Edition, Lincoln – Nebraska: John Wiley & Sons, 495p. 1983.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*, 3. ed. Belmont, Califórnia: Wadsworth Publishing Company. 1985. 540p.
- SANFORD, W. G.; Pineapple Crop-log concept and development, *Better Crops Plant Food*, 46, 32. 1962
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 4, n. 1. p. i-xii, 1996.
- SELAMAT, M. M. The effect of planting materials: on the growth, yields and fruit quality of pineapple cv. Gandul grow on deep peat soil in the humidit tropics of Malaysia. *Acta Horticultural*, 425: II International pineapple symposium. Ed. Martin – Prevel, R. Hujan et al. p. 377-385, 1997.
- _____. The effect of plant density on the growth development, yield, and fruti quality of pineapple cv. Gandul grow on deep peat soil in the humidit tropics of Malaysia. *Acta Horticultural*, 425: II International pineapple symposium. Ed. Martin – Prevel, R. Hujan et al. p. 355-361, 1997.

- SENANAYAKE, Y. D. A. The effect of plant population and irrigation on growth and yield of pineapple (*Ananas comosus* (L) Merr.) cv. Kew, *Journal a National Agricultural Society*. Ceylon, v. 15. 69-80, 1978.
- SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia Aplicada à Irrigação. Irrigação/editado por Jarbas Honório de Miranda e Regina Célia de Matos Pires. Piracicaba: FUNEP, 410 p. 2001
- SHIROMA, M. The transpiration of pineapple in Okinawa. *Sciences Bulletin, College of Agriculture, University of the Ryukus*, 19, 363-377, 1971
- SHIROMA, M. Evapotranspiration of pineapple in Okinawa measured by heat balance method. *Science Bull.*, College Agric. Univ. of the Ryukyus, 20, 169-190, 1973.
- SIDERES, C. P.; KRAUS, B.H. Water relations of pineapple plants. *Soil Science, Baltimore*, v. 26. p. 305-315. 1928.
- SILANS, A. P.; MONTENY, B.A.A.; LHOMME, J.P. The correction of soil heat flux measurements to derive an accurate surface energy balance by the Bowen ratio method. *Journal of Hydrology*, v. 114, p. 453-465, 1997
- SILVA, F. C.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, A., et al. Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria*, v. 7, n. 1, 1923, 1999.
- SILVA, M. A. V. Análise de crescimento, desenvolvimento e eficiência do uso da radiação solar para dois cultivares de milho. Dissertação de mestrado; Viçosa : UFV, 1995
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIM NETO, M. Análise de crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande, 46p. (EMBRAPA – CNPA – Circular Técnica, 34) 2000.
- SILVA, V. de P. R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. Tese de Doutorado, UFPB, Campina Grande, PB, 2000
- SILVA, F. C. da; FOLEGATTI, M. V. *Balanço de energia na cultura do feijão utilizando um sistema de razão de Bowen*. IN: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, III REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA . Fortaleza. 3-6 Julho 2001. p. 403-404
- SMITH, M.; ALLEN, R.; MONTEITH, J. K. et al, *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requeriments*: Reunión FAO, Roma, Itália, 28-31 maio, 1991.

SMITH, M.; SEGEREN, A.; SANTOS PEREIRA, L. et al. *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements*. Reunião FAO, Roma, Italia, 28, 28-31 maio, 1991.

SOARES, J. M. Consumo hídrico de videira festival sob intermitência de irrigação no sub-médio São Francisco. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande, 309 p. il. 2003

SOUZA, C. B. *Estudos de parâmetros morfológicos na cultura do algodoeiro herbáceo em condições diferenciadas de irrigação no Vale do Assu-RN*. DCA/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, 1994 (dissertação de mestrado)

SOUZA, L. F. da. Exigências Edáficas e Nutricionais. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R.; SOUZA, L. F. da S. *O abacaxizeiro: Cultivo, Agroindústria e Economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 480p.; il. 1999

TANNNER, C. B. Evapotranspiration of water from plants and soil. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed.) *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Pres, v.1, p. 73-106, 1968

TAY, T. H. Effect of water on growth and nutrient uptake of pineapple. *MARDI Research Bulletin*, v. 22. p. 31-49, 1974.

TEIXEIRA, A. H. de; AZEVÊDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; et al. Balanço de energia em cultura da videira, cv. Itália. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5. n. 2, p. 137-141, 1997.

THORNTHWAITE, W. C. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v. 38, n.1, p. 55-59, 1948.

TODD, R. W.; EVETT, S. R.; HOWEL, T. A. The Bowen ratio-energy balance method for estimating latent heat flux of irrigated alfafa evaluated in a semi-arid, advective environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 103, p. 335-348, 2000.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L.; FOLION, L. L.; et al. Estimativa da radiação solar global diária em Botucatu – SP a partir da insolação diária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, p. 53-60, 1976

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. Brasília: INMET, Gáfica e Editora Stilo, 2000

VIANA, T. V. A.; FOLEGATTI, M. V.; AZEVÊDO, B. M. et al. IN: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Foz do Iguaçu, 31/7 a 03/8 2001.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia Básica e Aplicações*. UFV, 1991. 449p.

VILAR, L. da C; Classificação do abacaxi (*Ananas comosus* (L) Merrill). Programa brasileiro para melhoria dos padrões comerciais e embalagens. "folder." elaboração técnica Centro de Qualidade em Horticultura CEAGESP, maio 2000 cqhor@uol.com.br

VILLALOBOS, F. J. Surface Renewal Method of Measuring Evapotranspiration. IN: Evapotranspiration and irrigation scheduling Proceedings of the International Conference, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, November, 3-6, San Antonio, Texas, p. 42-47, 1996

ZHANG, J.; BARTHOLOMEW, D. P. Effect of plant population density on growth and dry matter partitioning of pineapple. *Acta Horticultura*, 425: II International pineapple symposium. Ed. Martin – Prével, R. Huggan et al p. 297-309. 1997.

ZHANG, J.; Computer simulation of pineapple growth, development and yield, Ph.D. dissertation, University of Hawaii. Honolulu. 1992.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*. New York, v. 4, p. 141-145, 1952.

WRIGHT, J. L. New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, New York, V. 108, n. 2, p. 57-74. 1982.