



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

USO DA ÁGUA DA PISCICULTURA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA FHIA 18

BOANERGES SIQUEIRA D'ALBUQUERQUE JUNIOR

Campina Grande
Paraíba

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

REUSO DA ÁGUA DA PISCICULTURA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA FHIA 18

TESE

BOANERGES SIQUEIRA D'ALBUQUERQUE JUNIOR

CAMPINA GRANDE-PARAÍBA

MAIO DE 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

BOANERGES SIQUEIRA D'ALBUQUERQUE JUNIOR
Engenheiro Agrônomo

REUSO DA ÁGUA DA PISCICULTURA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA FHIA 18

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem.

ORIENTADORES

Dsc. HANS RAJ GHEYI

Dsc. VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA

Campina Grande – Paraíba

Maiο de 2011



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFPG

D111r D^o Albuquerque Junior, Boanerges Siqueira.
Reuso da água da piscicultura na irrigação da bananeira Fhia 18 /
Boanerges Siqueira D^o Albuquerque Junior. – Campina Grande, 2011.
84 f. : il. col.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof^o. Dr^o. Hans Raj Gheyi, Prof^o. Dr^o. Valdemício
Ferreira de Sousa.

1. Consumo Hídrico. 2. Viabilidade Técnica. 3. Piscicultura. 4.
Bananeira fhia 18. I. Título.

CDU 631.671(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DO DOUTORANDO

Boanerges Siqueira d'Albuquerque Junior


REUSO DA ÁGUA DA PISCICULTURA NA IRRIGAÇÃO DA BANANA FHIA 18

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dr. Hans Raj Chhvi – Orientador

Aprovado


Dr. Valdemir Ferreira de Sousa – Orientador

APROVADO.


Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra – Examinador

Aprovado


Dr. José Dantas Neto – Examinador

APROVADO


Dr. Tales Miler Soares – Examinador

APROVADO


Dr. Francisco José de Seixas Santos – Examinador

APROVADO

MAIO DE 2011

Aos meus pais, **BOANERGES e LENI**.
À minha esposa **CRISTIANE**.
Às minhas filhas, **AMANDA e ANDRESSA**.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelas oportunidades e condução ao longo de toda a jornada.

À Universidade Estadual do Piauí - UESPI, pela permissão e facilidades oferecidas para a realização deste treinamento.

À Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oferta e possibilidade deste curso, de tão grande qualidade.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Piauí – FAPEPI pela concessão de bolsa de pesquisa.

À Embrapa Meio Norte pela oportunidade de realização do experimento de campo.

Aos professores, Hans Raj Gheyi, Pedro Dantas Fernandes, Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Hugo Orlando Carvalho Guerra pela gentileza e ensinamentos durante a execução do curso.

Aos colegas professores Tales Miler Soares, Francisco José de Seixas Santos e José Dantas Neto por fazer parte da banca de defesa.

Ao pesquisador e amigo Valdemício Ferreira de Sousa da Embrapa Cocais, pelas orientações, sugestões e conselhos, tão valiosos.

Ao colega técnico da Embrapa Meio-Norte Raimundo de Freitas Neto pelo apoio dos trabalhos de campo.

Aos pesquisadores Valdenir Queiroz e Aderson Soares de Andrade Júnior, da Embrapa Meio-Norte, pelas importantes colaborações e opiniões.

Aos bolsistas, Erasmo Carlos e Edilson Gomes da Embrapa, pela importante colaboração durante os trabalhos de campo e laboratório.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADRO.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRAT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Cultura da Banana.....	5
3.2 Necessidade Hídrica da Banana e Manejo de Irrigação.....	8
3.3 Reuso da Água da Piscicultura.....	11
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Caracterização do Ambiente.....	15
4.2 Caracterização da Cultura e Plantio.....	18
4.3 Caracterização do Sistema de Irrigação e Manejo de Água.....	19
4.4 Lâminas de Irrigação.....	20
4.4.1 Delineamento da área experimental.....	20
4.4.2 Determinação da evapotranspiração de referência.....	21
4.4.3 Determinação do tempo de irrigação.....	23
4.4.4 Monitoramento e controle da umidade.....	24
4.4.5 Variação do armazenamento e drenagem de água no solo.....	25
4.4.6 Determinação da evapotranspiração da cultura.....	26
4.4.7 Coeficiente de cultivo.....	27
4.5 Variáveis Avaliadas.....	27
4.5.1 Análise de crescimento das plantas.....	27
4.5.2 Análise da produção da cultura.....	28
4.5.3 Estado nutricional da planta.....	28
4.5.4 Análise química do solo no final do experimento.....	29
4.5.5 Análises estatísticas.....	29
4.6 Avaliação Técnica do Uso Múltiplo da Água de Irrigação na Piscicultura e os Impactos dos Resíduos na Adubação das Culturas.....	29

4.6.1 Instalações para o cultivo de tilápia	29
4.6.2 Manejo dos peixes.....	30
4.7 Características Avaliadas	31
4.7.1 Crescimento, produção e desempenho dos peixes.....	31
4.7.2 Análise física e química dos efluentes da piscicultura.....	32
4.8 Avaliação Econômica do Uso Múltiplo da Água na Irrigação e Psicultura.....	33
4.8.1 Levantamentos de dados	33
4.8.2 Estrutura e cálculo do custo de produção.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Características Climáticas no Período.....	35
5.2 Lâminas de Irrigação e Monitoramento da Umidade do Solo.....	37
5.3 Lâminas de Irrigação no Crescimento de Plantas e na Produção	46
5.3.1 Características morfofisiológicas de crescimento da planta.....	46
5.3.2 Características de produção das plantas	51
5.4 Evapotranspiração da Cultura (ETc) e Coeficiente de Cultivo (Kc).....	58
5.4.1 Eficiência do uso da água.....	58
5.4.2 Coeficiente de cultivo	59
5.5 Qualidade da Água de Irrigação do Efluente da Piscicultura.....	60
5.5.1 Análise química do solo no final do experimento	64
5.5.2 Análise química da folha.....	65
5.6 Características de Produção do Cultivo de Tilápia	66
5.7 Análise Econômica do Sistema de Produção da Banana e da Piscicultura.....	69
6 CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE	83
APÊNDICE	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental	15
Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental	16
Tabela 3 - Característica química da água da área experimental	16
Tabela 4 - Esquema de análise de variância para delineamento experimental de blocos casualizados.....	20
Tabela 5 - Valores dos parâmetros do modelo de van Genuchten nas respectivas camadas do perfil do solo: Neossolo Litólico Distrófico.....	25
Tabela 6 - Idade dos peixes e características da ração utilizada no manejo alimentar da tilápia nilótica durante a realização do trabalho	31
Tabela 7 - Dados médios de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U ₂), radiação global (R _n), evapotranspiração (E _{To}) e precipitação (P). Santa Rosa do Piauí, 2008 – 2009	36
Tabela 8 - Dados médios de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U ₂), radiação global (R _n), evapotranspiração (E _{To}) e precipitação (P). Santa Rosa do Piauí, 2008 – 2009	36
Tabela 9 - Valores totais de lâminas de água aplicadas para o 2º e 3º ciclo	37
Tabela 10 - Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características de produção da bananeira - 2º ciclo	52
Tabela 11 - Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características de produção da bananeira - 3º ciclo	52
Tabela 12 - Valores médios de características de produção e de crescimento da bananeira - 2º ciclo sob diferentes lâminas de irrigação	53
Tabela 13 - Valores médios de características de produção e de crescimento da bananeira - 3º ciclo sob diferentes lâminas de irrigação	53
Tabela 14 - Evapotranspiração de referência (E _{To}) e da cultura (E _{Tc}) da bananeira FHIA 18 e o desvio padrão no período vegetativo até início da colheita	58
Tabela 15 - Valores médios de coeficientes de cultivo para os estádios de desenvolvimento da bananeira, observados em Santa Rosa do Piauí – PI.....	59
Tabela 16 - Valores médios de concentração de cátions e ânions do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada de Santa Rosa do Piauí /CODEVASF (2º ciclo).....	60

Tabela 17 - Valores médios de concentração de cátions e ânions do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada de Santa Rosa do Piauí /CODEVASF (3º ciclo).....	60
Tabela 18 - Valores médios de concentração de compostos nitrogenados e fosfatados, pH e CE do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada da CODEVASF - Santa Rosa do Piauí, 2008	61
Tabela 19 - Valores médios de concentração de compostos nitrogenados e fosfatados, pH e CE do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada da CODEVASF - Santa Rosa do Piauí, 2009	61
Tabela 20 - Quantidade do nutriente nitrogênio (g planta ⁻¹) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, aplicado via irrigação para o segundo ciclo	63
Tabela 21 - Quantidade do nutriente nitrogênio (g planta ⁻¹) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, aplicado via irrigação para o terceiro ciclo	63
Tabela 22 - Quantidade do nutriente fósforo (g planta ⁻¹) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira	64
Tabela 23 - Características químicas do solo no início (I) e no final (F) do cultivo da banana, com aplicação de fertirrigação e do efluente da piscicultura	65
Tabela 24 - Teor de nutrientes das folhas das plantas da Banana FHIA 18, comparadas com a faixa adequada para a Banana Prata Anã, para o 2º ciclo da cultura.....	66
Tabela 25 - Peso médio (g) e comprimento total médio (cm) de tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>).....	66
Tabela 26 - Índices de crescimento absoluto e relativo do peso corporal (g) para a tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) de água durante 145 dias de cultivo nos tanques.....	68
Tabela 27 - Ganho de peso diário médio (g dia ⁻¹) de tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) durante 145 dias de cultivo.....	69
Tabela 28 - Estimativa do custo total da produção de banana FHIA 18, por hectare, para primeiro, segundo e terceiro ciclo nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras (PI), ciclo de 12 meses, com utilização de mudas de cultura de tecido	70
Tabela 29 - Estimativa por hectare para o segundo e terceiro ciclo de preços, lucratividade e ponto de equilíbrio produção de banana FHIA 18, nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras (PI), ciclo de 12 meses	70
Tabela 30 - Estimativa/ano de preços, lucratividade e ponto de equilíbrio produção de banana FHIA 18, nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras - PI, com dois tanques 1 ciclo e meio	72

Tabela 31 - Estimativas consolidadas dos custos operacionais, receitas bruta e líquida e índice de lucratividade da atividade de cultivo da bananeira com o cultivo da tilápia..... 73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de retenção de água no solo, para as camadas de 0-0,20, de 0,20-0,40 e de 0,40-0,60 m de profundidade, da área experimental	17
Figura 2 - Reservatório para armazenamento de água para irrigação e criação de peixe.....	17
Figura 3 - Coleta diária dos dados meteorológicos na estação automática.....	18
Figura 4 - Aplicação de fertilizantes via água de irrigação utilizando bomba injetora de acionamento hidráulico.....	19
Figura 5 - Croqui simplificado da área experimental com detalhes após a casualização das lâminas de irrigação e localização das baterias de tensiômetros.....	21
Figura 6 - Bateria com três tensiômetros instalada em torno da planta da bananeira	24
Figura 7 - Reservatório para armazenar água de irrigação e estocagem de peixes: vista do espelho d'água (A) e vista do contentor de peixes (B).....	30
Figura 8 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T1 ($0,25*ET_0$) durante a condução do experimento.....	38
Figura 9 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T2 ($0,5*ET_0$) durante a condução do experimento.....	39
Figura 10 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T3 ($0,75*ET_0$) durante a condução do experimento.....	39
Figura 11 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T4 ($1,0*ET_0$) durante a condução do experimento.....	40
Figura 12 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T5 ($1,25*ET_0$) durante a condução do experimento.....	41
Figura 13 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T6 ($1,5*ET_0$) durante a condução do experimento.....	41
Figura 14 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T1 ($0,25*ET_0$) durante a condução do experimento.....	42
Figura 15 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T2 ($0,5*ET_0$) durante a condução do experimento.....	43
Figura 16 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T3 ($0,75*ET_0$) durante a condução do experimento.....	43
Figura 17 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T4 ($1,0*ET_0$) durante a condução do experimento.....	44
Figura 18 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T5 ($1,25*ET_0$) durante a condução do experimento.....	45

Figura 19 - Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T6 ($1,5 \cdot \text{ET}_0$) durante a condução do experimento.....	45
Figura 20 - Efeito de lâminas de irrigação no perímetro do pseudocaule de caule da banana nas épocas durante a condução do experimento.....	47
Figura 21 - Efeito de lâminas de irrigação no diâmetro do pseudocaule da banana nas épocas durante a condução do experimento.	48
Figura 22 - Efeito de lâminas de irrigação na altura das plantas da bananeira nas épocas cv. Fhia18 no segundo ciclo de produção, ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI.....	49
Figura 23 - Efeito de lâminas de irrigação na área foliar da banana cv. Fhia18 no segundo ciclo de produção, ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI.....	51
Figura 24 - Efeito de lâminas de irrigação na produtividade da bananeira cv. FHIA 18 no terceiro ciclo (2009) e segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.....	55
Figura 25 - Efeito de lâminas de irrigação no peso médio de cacho de banana cv. FHIA18 no terceiro ciclo (2009) e segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.....	55
Figura 26 - Efeito de lâminas de irrigação no peso de pencas de banana por cacho, cv. FHIA 18 no terceiro ciclo (2009) e segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.....	56
Figura 27 - Efeito de lâminas de irrigação no peso médio de banana cv. FHIA18 no segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.....	57
Figura 28 - Efeito de lâminas de irrigação no peso médio da casca (A) e da polpa (B) cv. FHIA18 no segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.....	57
Figura 29 - Curva de crescimento em comprimento (cm) de tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) em razão do período de cultivo.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Equações das análises de regressão sobre a característica perímetro do pseudocaule da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas.....	46
Quadro 2. Equações das análises de regressão sobre a característica diâmetro do pseudocaule da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas.....	47
Quadro 3. Equações das análises de regressão sobre a característica altura de planta da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas.....	49
Quadro 4. Equações das análises de regressão sobre a característica área foliar da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas.....	50

REUSO DA ÁGUA DA PISCICULTURA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA FHIA 18

RESUMO

Atualmente, com o surgimento de problemas relacionados à escassez e poluição de água nos grandes centros urbanos, começa haver um maior interesse por parte de vários setores econômicos pelas atividades nas quais a água é reutilizada, o que também é motivado pelas recentes políticas federais e estaduais sobre o gerenciamento dos recursos hídricos. No Brasil, ha alguns anos, já se vem sendo estudado alguns modelos de integração de atividades do setor primário como forma de geração e agregação de renda. O objetivo desse trabalho foi desenvolver estratégias para a utilização destas águas por meio do aproveitamento dos efluentes de piscicultura na fertirrigação da bananeira. Na área experimental localizada em Santa Rosa-PI e pertencente à Embrapa Meio-Norte, trabalhou-se com a criação de peixes, da espécie tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada e produção de banana FHIA 18 nos 2º e 3º ciclos. Para o 2º e 3º ciclos da banana cultivaram-se os peixes com densidades de estocagem de 3,0 e 2,0 peixes m⁻³, respectivamente, ambos com períodos de cultivo de 145 dias e a taxa de renovação de água com fluxo contínuo. Estudou-se lâminas de irrigação para a banana FHIA 18, com água dos tanques de piscicultura, cujos tratamentos foram 6 lâminas: 25, 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith a partir de uma estação meteorológica automática da marca Metus modelo Metus compact. Avaliou-se também a viabilidade econômica da utilização do efluente provindo da piscicultura para a irrigação da bananeira. Para lâminas de irrigação, índices de crescimento e os componentes de produção da cultura da banana estimaram-se intervalos de lâminas ideais para produtividade. Com relação ao reuso da água, os componentes da banana não sofrem alteração em razão da utilização do efluente da piscicultura. O estudo do balanço hídrico da cultura da banana FHIA 18 pôde estimar para a região semiárida do Piauí Kc de 0,8 e 1,03 para as fases de ciclo vegetativo e produtivo, respectivamente, para o 2º ciclo da banana, para o 3º ciclo obteve um Kc único de 0,92. A necessidade hídrica para essa região no 2º e 3º ciclo foram obtidas com lamina de água de 1.200 e 1.000 mm/ciclo respectivamente. Em relação ao uso eficiente da água, este se mostrou inversamente proporcional às lâminas de irrigação, o tratamento 25% da evapotranspiração apresentou valores de 3,16 kg fruto.m⁻³ água para o 2º ciclo e 4,78 kg fruto.m⁻³ água para o 3º ciclo. Para o consórcio produtivo banana/peixe, em ambos os ciclos, considerando o maior e menor preço de mercado, o índice de lucratividade que variou de 55,7 a 31,9%.

Palavras chaves: Balanço hídrico, Viabilidade Técnica, Piscicultura, Tilápia

REUSE OF WATER FROM AQUACULTURE FOR IRRIGATION OF FHIA 18 BANANA CROP

ABSTRAT

Currently, with the emergence of water scarcity and pollution related problems in big cities, started increased interest from various economic sectors on water utilization, which is also motivated by recent federal and state policies about the water management resources. In Brazil have been studying for a couple years some integration models for generation and aggregation of income. This study aimed to develop reuse strategies for using aquaculture water in fertirrigation of FHIA 18 banana crop. This research was conducted in EMBRAPA Meio Norte experimental area in Santa Rosa in the State of Piauí. The fish species was the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), from chitrala, and the vegetable species was the FHIA 18 banana. The storage density was 3 fishes per cubic meter water for the second cycle of banana. For the third cycle the storage density was 2 fishes per cubic meter, both during 145 days cycle. The factors studied were two. The first factor was the evapotranspiration of 6 water depths with 25, 50, 75, 100, 125 and 150% using the Penman Monteith method from a automatic meteorological station model Metus Compact from Metus. The second factor was the economic viability of cultivation of FHIA 18 banana and the Nile Tilapia with the same water. For the water depths, growth rates and production components of banana estimated an ideal interval for good production. Regarding the water reuse there is no water alteration due to use of water pisciculture on banana components. The water balance of banana FHIA 18 estimated for semiarid region of Piauí Kc of 0,8 and 1,03 for banana (second cycle), for the vegetative and production phase of banana and for the third cycle received a single value of 0.92 Kc. The water requirement for this region in the 2nd and 3rd cycle was obtained with a water depth of 1,200 and 1,000 mm per cycle respectively. The efficiency of water reuse was has a inverse proportion for the irrigation depft, the treatment at 25% showed a 3,16 kg fruit.m⁻³ of water in 2nd cycle and 4,18 kg fruit.m⁻³ of water in 3rd cycle. The banana and fish production consortium in both cycles, considering the highest and lowest market price, showed a profitability index that ranged from 55.7 to 31.9%

Keywords: water balance, Technical feasibility, Fish farming, Tilapia

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso de tecnologias modernas tem provocado mudanças no perfil técnico e econômico da agricultura. Entretanto, tem-se observado um nível acentuado de exclusão de uma parcela importante das pequenas e médias unidades produtivas, principalmente na Região Nordeste, onde se concentram os maiores índices de pobreza do país.

De acordo com dados do IBGE (2010), o Piauí apresenta população de 3,11 milhões de habitantes, dos quais aproximadamente 34% vivem no campo, em torno de 1,06 milhões. A população rural é composta, em sua maioria, por agricultores familiares com baixo poder aquisitivo e acesso limitado à tecnologia. Embora o grande contingente de trabalhadores rurais do Estado do Piauí se encontra em comunidades agrícolas, existe uma enorme carência de alternativas tecnológicas adequadas às suas condições sócio-econômicas, fazendo com que os mesmos subsistam à custa de práticas extremamente ineficientes de produção agropecuária.

A tecnologia, portanto, deve ser integrada aos diversos componentes da unidade produtiva, como o uso racional e eficiente dos recursos nela existentes, objetivando a produção sustentável para o consumo e venda do excedente, sem diminuir os meios de produção. Com vistas ao desenvolvimento sustentável da pequena e média unidade produtiva rural, a fruticultura irrigada representa potencialmente uma alternativa de primeira magnitude, na medida em que incrementa sua competitividade, com grande potencial na geração de emprego e formação de renda. O nível de rentabilidade de determinadas frutíferas pode chegar a vinte e cinco mil reais por hectare ano, e a capacidade de ocupação de mão-de-obra atinge até 6 trabalhadores por hectare, além de conservar os recursos naturais disponíveis de maneira mais eficiente que muitos outros tipos de exploração agrícola.

O Estado do Piauí caracteriza-se, de uma maneira geral, por apresentar solos com textura arenosa, possuir um considerável potencial hídrico de boa qualidade e clima favorável, que fazem dessa região um excelente pólo para a produção de frutas tropicais sob regime de

irrigação. Dentre as alternativas destacam-se o cultivo de fruteiras tropicais, como a bananeira, umas das principais espécies cultivadas em regime de irrigação. É importante destacar que o Estado do Piauí nos últimos dez anos vem instalando vários projetos de fruticultura irrigada para pequenos e médios produtores, a exemplo dos perímetros irrigados dos Tabuleiros Litorâneos, Platô de Guadalupe, Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada de Santa Rosa do Piauí, além de vários outros menores instalados em assentamentos com apoio da CODEVASF, Governo do Estado, INCRA, DNOCS e EMBRAPA.

Considerando que água é um insumo indispensável para o desenvolvimento agrícola, na agricultura irrigada o adequado manejo de irrigação requer a definição da quantidade de água para as culturas nos diversos ambientes e estágios de desenvolvimento.

A otimização dos recursos hídricos na agricultura irrigada pode se dar pela elevação da eficiência de uso da água na produção agrícola associada ao uso múltiplo da água de irrigação. O manejo de bacias hidrográficas, dentro do conceito de uso múltiplo da água, preconiza que todos os recursos sejam explorados concomitantemente, de forma integrada, no qual as relações entre os produtos gerados sejam complementares ou no mínimo suplementares.

A agricultura irrigada e a piscicultura são atividades que proporcionam grandes benefícios para o suprimento alimentar. Numa visão de uso múltiplo das águas, essas duas atividades podem muito bem ser desenvolvidas de maneira simultânea, principalmente nas condições de escassez de recursos hídricos, o que constitui uma forma de maximizar o uso da água antes do seu retorno para o leito dos rios, mares ou para o subsolo (FELIZATTO et al., 2000).

Na região semiárida nordestina destacam-se as experiências nos projetos de irrigação gerenciados pela CODEVASF e pelo DNOCS com a utilização das águas acumuladas nos reservatórios ou de canais de irrigação na criação de peixes, como uma alternativa para melhorar a eficiência do seu uso. Aqui se pode destacar que as águas residuárias da piscicultura, poderão trazer grande contribuição para a exploração agrícola, dada a riqueza em nutrientes, que podem promover o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos, além de reduzir a poluição ambiental e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

De acordo com Doorembos e Kassam (1994), as necessidades hídricas anuais para a banana variam de 1.200 mm, nos trópicos úmidos, a 2.200 mm, nos trópicos secos. Em regime de sequeiro, seriam necessárias precipitações na faixa de 2.000 a 2.500 mm, bem distribuídas.

A determinação de lâminas ótimas de irrigação para a bananeira proporcionará a otimização do manejo de água para essa fruteira, possibilitando a obtenção de produtividade e qualidade dos produtos economicamente satisfatórios com menos riscos de danos ambientais. Além do mais, do ponto de vista sócio-econômico e ambiental, somar-se-á receita proveniente da produção de frutas, a receita da produção de peixes e os ganhos com a redução do uso de fertilizantes químicos nos pomares.

A avaliação do uso múltiplo da água, utilizando água proveniente da piscicultura, para irrigar fruteiras, requer o envolvimento com outras áreas de conhecimento voltadas à piscicultura, qualidade de água e impactos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver estudo sobre uso múltiplo e manejo de água para a bananeira capaz de promoverem a otimização dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável da bananicultura irrigada nas condições semiáridas.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar a necessidade hídrica da banana (2º e 3º ciclo), a partir da evapotranspiração de referencia (ET_o) estimada pelo método Penman-Monteith e utilizando o balanço de água no solo;
- Avaliar, ajustar e definir lâminas de irrigação capazes de elevar a produtividade da bananeira;
- Determinar a eficiência de uso da água, a produtividade da bananeira FHIA 18 e a receita líquida por unidade produtiva;
- Avaliar a eficiência técnica e econômica do uso simultâneo da água armazenada temporariamente em reservatórios na produção de peixes e na irrigação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura da Banana

A bananeira é uma monocotiledônea originária das regiões tropicais do mundo, cujo gênero é *Musa*, sendo que as espécies de importância econômica são a *Musa acuminata* (A) e a *Musa balbisiana* (B), que apresentam número básico de cromossomos igual a 11. Atualmente a maioria das variedades comerciais existentes no mundo é híbrida destas duas espécies (MANICA, 1997).

As raízes da bananeira são fasciculadas ou em cabeleira e bastantes superficiais. O caule é subterrâneo, denominado de rizoma, e estão localizadas a gema apical e as gemas laterais que dão origem aos perfilhos. O pseudocaule, denominado de tronco, é formado pelo conjunto das bainhas das folhas sobrepostas a partir do rizoma até a roseta, onde as folhas se abrem. As folhas se compõem de pecíolo, nervuras e páginas (MARTINS, 2007).

Quando ocorre a diferenciação floral da gema apical, forma-se no rizoma o “palmito”, que cresce no interior do pseudocaule emergindo na roseta. No momento da diferenciação floral já são estabelecidas os números de pencas e de dedos por penca. A partir do momento que o palmito atinge a roseta e se exterioriza, passa a ser denominado “engajo” e possui flores masculinas e femininas a ele aderidas e protegidas por brácteas. O cacho é um racimo constituído pelo engajo e também por ráquis, pencas (almofadas e dedos) e botão floral (coração ou mangará). Os frutos são de desenvolvimento partenocarpio, sendo que algumas variedades apresentam poucas sementes viáveis, utilizadas para melhoramento genético (SILVA et al., 2000).

No Brasil a banana é cultivada em todos os Estados, desde a faixa litorânea até os planaltos (DANTAS e SOARES FILHO, 1995). Os dois principais produtores nacionais são:

Bahia, com 1,4 milhão de toneladas e São Paulo, com 1,2 milhão de toneladas em 2009. A produção nacional, no mesmo período, alcançou a 7,1 milhões de toneladas, 1,94% superior a 2008, em uma área cultivada de 536 mil hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010).

A bananeira também é a fruteira mais cultivada do mundo e a banana é a fruta mais presente no mercado internacional e uma das principais fontes de alimentação de uma parte da humanidade. A produção mundial de bananas em 2009 foi de 91 milhões de toneladas, segundo a FAO. O Brasil é quarto maior produtor, com mais de sete milhões de toneladas, perdendo apenas para Índia, Filipinas e China.

Apesar de o Brasil ser um dos principais produtores mundiais, historicamente, tem uma participação incipiente no comércio internacional dessa fruta, apenas para exemplificar, em 2007 produziu-se 7,1 milhões de toneladas e exportou-se apenas 2,62% desse total. Os países de maior participação no mercado internacional são: Equador, Costa Rica e Filipinas. A posição relativa do Brasil no mercado externo de banana é afetada pela variedade das frutas produzidas, pois, as transações internacionais envolvem, em sua maioria, a variedade Cavendish, que é muito diferente das variedades mais consumidas no Brasil, que são a prata e a maçã.

Assim, a produção de bananas é prioritariamente destinada ao mercado interno, que consome aproximadamente 97% dos frutos (BNDES, 2010), constituindo seu cultivo, papel fundamental para a alimentação das famílias de baixa renda, geração de renda e fixação da mão-de-obra na zona rural. A banana constitui elemento na alimentação humana, não só pelo alto valor nutritivo, mas também pelo baixo custo.

Quanto a classificação, embora exista um número expressivo de variedades de banana no Brasil, restam poucas cultivares com potencial agrônomo para serem usadas comercialmente. As cultivares mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente na exportação. As cultivares Prata e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil ((MELO; R. NETO, [200_?]).

Nesse contexto, destaca-se do híbrido da Prata-Anã, a cultivar FHIA-18 uma banana geneticamente alterada a partir de uma variedade originária de Honduras, ou seja, na planta brasileira foi introduzido o gene da hondurenha, resistente à sigatoka. A nova variedade foi avaliada em diferentes ecossistemas brasileiros, destacando-se por suas características agrônomicas, principalmente o porte médio e elevada produtividade, que pode alcançar até 50

t ha⁻¹ por ciclo sob boas condições de cultivo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001).

Santos et al. (2006), trabalhando com as cultivares FHIA-18, Caipira, Thap Maeo, FHIA-01, FHIA-21, detectaram uma maior precocidade no florescimento da cultivar FHIA-18, aos 244 dias após o plantio contra 274, 329, 340 e 368 respectivamente, no entanto em relação ao período de florescimento a colheita, a cultivar FHIA-18 apresentou um maior número de dias (150 dias) até atingir o ponto de colheita, seguida respectivamente da FHIA-21(120 dias), Caipira (119 dias), FHIA-01 (102 dias) e Thap Maeo (96 dias), assemelhando-se aos valores observados por Andrade et al. (2001) no Estado do Piauí.

O cultivo da banana requer nível adequado de fertilidade do solo, não só por ser elevada a quantidade de nutrientes absorvida pela planta e exportada pelos frutos, como também porque os solos da maioria das regiões produtoras são geralmente ácidos e pobres em nutrientes. O desenvolvimento da bananeira é crescente até o florescimento (7º ao 9º mês), com maior acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes a partir do quinto mês. O potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira, seguidos pelo magnésio e cálcio; posteriormente, com menor grau de absorção, estão os nutrientes enxofre e fósforo (FARIA, 1997).

O diagnóstico nutricional constitui-se num instrumento eficiente para detectar desequilíbrios e auxiliar no processo de recomendação de fertilizantes para bananeiras. Usualmente, os diagnósticos são feitos a partir da análise química do tecido foliar e posterior comparação com teores foliares ótimos (níveis críticos ou faixas de suficiência), (TELXEIRA; ZAMBROSI; BETTIOL NETO, 2007).

De acordo com a Embrapa (2004), as folhas amostradas devem ser sadias, livres de queimaduras de sol e de danos por insetos. Cada amostra deve ser coletada em plantas da mesma variedade, com a mesma idade e que representem a média da plantação, não misturando folhas com sintomas de deficiências com folhas normais.

Para que essa ferramenta seja utilizada adequadamente observa-se, principalmente, a época e a posição das folhas amostradas. Para a bananeira, faz-se amostragem da terceira folha a contar do ápice, com as inflorescências no estágio de todas as pencas femininas descobertas (sem brácteas) e não mais de três pencas de flores masculinas (EMBRAPA, 2004).

A estimativa da área foliar é empregada para se avaliar o crescimento das plantas, sendo comumente utilizada em estudos agrônômicos e fisiológicos. Para se determinar a área foliar da bananeira em campo, alguns autores sugerem medir a terceira folha usando o fator de

correção, e multiplicar pelo número total de folhas da planta (KUMAR et al., 2002). Estes mesmos autores, considerando que o tamanho das folhas variavam ao longo do ciclo da planta, determinaram, através de medições seqüenciais, outro fator que corrige o fator original, chegando à fórmula $AFT = C \times L \times 0,80 \times N \times 0,662$, onde AFT é a área foliar total, C o comprimento da folha, L a largura da folha, N o número total de folhas, e 0,80 e 0,662 os fatores de correção.

Busquet et al. (2006) observaram no campo algumas diferenças varietais em bananeiras, no comprimento e largura das folhas de plantas do subgrupo prata e variedades tetraplóides, indicando que podem existir diferenças no fator de correção para determinação da área foliar a partir de leituras de comprimento e largura foliar. Sendo assim, na determinação da área foliar de bananeira pela régua milimetrada, deve-se usar o fator de correção de 0,79 para as cultivares 'SH 3640', 'FHIA 18' e 'Thap Maeo', e 0,83 para cultivar Prata Anã.

Conforme Prado (2009), uma abordagem alternativa, possivelmente mais eficiente para revelar desequilíbrios nutricionais e mais robustos em relação a variações na amostragem (idade da planta, época, etc.), seria o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), no qual são utilizadas relações entre as concentrações foliares dos nutrientes para interpretar os resultados de análise de tecido, com propósitos amplos, visando a diagnosticar as causas primárias e secundárias que afetam a produtividade das culturas, no entanto, atualmente, o DRIS vem-se popularizando como um critério de avaliação do estado nutricional das plantas.

Conforme Teixeira, Zambrosi e Bettiol Neto (2007), as relações entre os teores de nutrientes nas folhas, expressas nas normas DRIS, foram eficientes para discriminar as populações de alta e baixa produtividade de banana.

Silva e Carvalho (2005) avaliaram o estado nutricional de bananeiras Prata Anã (ABB) cultivada no Norte de Minas Gerais, utilizando o método do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e concluíram que os teores de N e K apresentaram-se deficientes em 18% e 23% dos bananais, respectivamente.

3.2. Necessidade Hídrica da Banana e Manejo de Irrigação

De acordo com Doorembos e Kassam (1994), as necessidades hídricas anuais variam de 1.200 mm, nos trópicos úmidos, a 2.200 mm, nos trópicos secos. Em regime de sequeiro,

seriam necessárias precipitações na faixa de 2.000 a 2.500 mm, bem distribuídas. Alves et al. (1997) citam que as maiores produções de banana estão associadas a uma precipitação anual de 1.900 mm. Para a obtenção de colheitas economicamente rentáveis, considera-se suficiente uma precipitação de 100 a 180 mm por mês, bem distribuída. Santos et al. (2006), estudando essa cultura na região da bacia do Rio São Francisco, encontraram que a demanda suplementar média necessária, nesse ecossistema, foi de 1.735 mm/ano.

Segundo Figueiredo et al. (2006), em estudos com a banana Prata Anã pode-se observar que a lâmina de 120% da ETo foi a que promoveu maior produtividade para as plantas mãe e filha no primeiro e segundo ciclo apresentando produtividade de 10.267 kg na planta mãe e na planta-filha 12.833 kg. Também relatam que para o tratamento de 120% da ETo apresentou maiores valores de eficiência de uso da radiação e eficiência energética, o que pode ser explicado devido ao grande acréscimo da produtividade, em função da maior lâmina de irrigação recebida, mesmo tendo uma menor radiação fotossinteticamente ativa interceptada no período de tempo que os tratamentos de 80 e de 100 %.

Coelho et al. (2006), trabalhando com as variedades Grande Naine e Prata Anã, observaram que o peso médio dos frutos, para as duas cultivares foi influenciado pelos níveis de água, não havendo interação entre a quantidade de água aplicada e a cultivar, mas o uso da irrigação antecipou a colheita da 'Grande Naine' em relação à 'Prata-Anã' em 45 dias, a lâmina de 415 mm de água foi considerada mais adequada, enquanto a lâmina de 554 mm de água foi a mais adequada para a bananeira Prata Anã por apresentar maior produtividade.

A bananeira é uma planta exigente em água, sendo que sua deficiência promove redução da clorofila das folhas e leva-as à morte prematura, retardando o crescimento (TURNER, 1994) e, conseqüentemente, a produção. Dessa forma, a irrigação tem como objetivo manter o adequado estado hídrico das plantas, para assegurar o desenvolvimento e a produtividade. Entretanto, para melhor otimizar os recursos hídricos disponíveis, a quantidade de água para as culturas precisa ser determinada para cada ambiente.

A determinação da necessidade de água e a definição de um manejo de irrigação racional das culturas têm sido os principais problemas enfrentados pelos técnicos e irrigantes (D'URSO e SANTINI, 1996), notadamente, quando água é um recurso escasso e fator limitante da produção agrícola.

Dentro das regiões brasileiras que poderiam ser utilizadas para aumento da prática agrícola, o semiárido merece atenção especial, pois apresenta enorme potencial de exploração agrícola. A alta quantidade de luz incidente que permite produzir alimentos durante todo o ano, e a baixa infestação por pragas ressaltam as qualidades do semiárido nordestino como

região potencial para o cultivo de produtos agrícolas. A irrigação pode ser a solução para este problema. Dentro desta perspectiva, as frutas recebem especial destaque, pois garantem alto retorno por área, além disso, são culturas que exigem mão-de-obra, o que possibilita a criação de novos empregos na região (FIORE, 1997).

Segundo Silva et al. (2000), o ciclo produtivo pode sofrer influência das condições climáticas, ampliando-o ou reduzindo-o. A redução do número de dias necessários para a emissão do cacho representa a antecipação do retorno do investimento aplicado.

Azevedo et al. (2010) citam que no semiárido brasileiro a bananicultura contribui para melhoria da economia e para a inclusão social de áreas mais carentes. Os pólos de irrigação do Norte de Minas (Janaúba e Jaíba) e do Sudoeste da Bahia (Bom Jesus da Lapa, Livramento de Nossa Senhora, Caraíbas, Guanambi, Urandi e Sebastião Laranjeiras) representam aproximadamente 50% da área cultivada com bananeira nos perímetros irrigados da Região Semiárida Brasileira. Nesses pólos predominam o cultivo de bananeiras tipo Prata, especificamente a 'Prata-Anã'. A 'Pacovan' é também cultivada, embora prevaleça nos perímetros irrigados do Médio São Francisco e em outras regiões do Nordeste e do Norte do Brasil.

No caso específico dos estados do Piauí e do Maranhão, mesmo com suas características de solo e de recursos hídricos extremamente favoráveis à exploração agrícola sob irrigação, as principais áreas irrigadas da região apresentam uma série de problemas e entraves que dificultam sobremaneira o alcance da viabilidade técnica e econômica da atividade. Isso ocorre devido à carência total de informações técnicas básicas para possibilitar um manejo adequado de irrigação, de forma a subsidiar o planejamento e a exploração racional dos recursos hídricos existentes nas áreas irrigáveis desses Estados.

O manejo da irrigação se define como a atividade de planejamento e a tomada de decisão que o agricultor deverá assumir durante o desenvolvimento da cultura. O momento em que a irrigação é necessária pode ser definido tanto pelos sintomas como pela medição da deficiência de água na planta; esse momento também pode ser determinado pela disponibilidade de água no solo, pela evapotranspiração real, pelo turno de rega e pelo balanço de água no solo (SOUSA et al., 1997).

A literatura evidencia que as fruteiras tropicais respondem bem a irrigação, entretanto, é preciso determinar o manejo adequado para cada cultura envolvendo principalmente necessidades hídricas, tensão ótima de água no solo e lâminas e frequências de irrigação adequadas (SOUSA et al., 1997; SOUSA et al., 2000). O conhecimento do coeficiente de cultivo para a cultura é muito importante na estimativa do consumo de água pela planta,

todavia, como os valores de K_c dependem da E_{To} , é necessário que para sua estimativa seja adotado o método mais adequado para a região.

Na região Meio Norte, em especial nos perímetros irrigados, a estimativa de E_{To} vem sendo determinada utilizando dados de estações agrometeorológicas convencionais e estações automatizadas, que estão sendo difundidas junto aos produtores. De acordo com Sentelhas et al. (1997), o tipo de estação meteorológica utilizado para a medição de elementos climáticos deve ser considerado, pois, para um mesmo elemento, existem diferenças nos resultados obtidos por estações convencionais e automáticas, principalmente em escala diária.

O sistema de manejo de irrigação em tempo real preconiza a utilização integrada dos componentes da relação solo-água-planta-atmosfera para determinar o manejo da irrigação das culturas (QUIÑONES et al., 1999).

O sistema de manejo de irrigação baseado em informações climáticas tem sido preconizado e desenvolvido em diversas regiões do mundo, usando diferentes níveis de sofisticação no que diz respeito à sua formação e disseminação aos irrigantes. A título de ilustração podem ser citados o "*Califórnia Management Information System*" (CIMIS), usado na Califórnia, EUA (CRADDOCK, 1990); o "*Videotel System*", aplicado em várias regiões da Itália (GIANNERINI, 1995); o "*MORECS System*" associado ao modelo "*Irriguide*", na Inglaterra (BAILEY e SPACKMAN, 1996).

3.3. Reuso da Água da Piscicultura

O reuso das águas para irrigação vem sendo amplamente estudado e recomendado por diversos pesquisadores em todo o mundo como alternativa viável para atender as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricionais das plantas e como forma de proteção ambiental (PATERNIANI, 2004).

Neste contexto, e devido a uma urbanização crescente, o uso de água residuária na agricultura pode ser uma alternativa economicamente atrativa e tecnicamente viável, além de liberar as águas de melhor qualidade para os usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Além disso, em virtude deste quadro de escassez de água, deve-se optar por métodos de irrigação que façam uso racional deste recurso cada vez mais limitado. A irrigação por gotejamento é reconhecidamente a maneira mais eficiente de aplicação de água às plantas. No entanto, os sistemas de irrigação por gotejamento são muito sensíveis à

qualidade da água em função do reduzido diâmetro de emissão dos gotejadores (AIROLDI, 2007).

Bastos e Mara (1992) salientam que a disposição de dejetos no solo vem ganhando espaço, por apresentar pelo menos três vantagens: o tratamento do dejetos, o fornecimento de água e a disponibilidade de nutrientes. Esse mesmo raciocínio aplica-se também às águas residuárias, segundo Ali (1987) e Hamada (1993), quando afirmam que essas águas podem ser utilizadas na irrigação, principalmente em regiões semiáridas, desde que se tenha conhecimento específico do seu grau de perigo à saúde e ao ambiente.

Conforme Ongley (2001), a irrigação é considerada pela FAO como sendo um componente essencial de qualquer estratégia para aumentar o suprimento mundial de alimentos. A piscicultura é considerada, como uma das atividades que poderá contribuir muito com a produção de alimentos para as regiões mais pobres e que passam fome (FAO, 2003).

Embora considerando os grandes benefícios da piscicultura e da agricultura irrigada para o suprimento alimentar, a multiplicidade de uso das águas continentais aliado a sua escassez, aponta para a necessidade de um uso mais racional e planejado, pois métodos de produção de alimentos que não vislumbrem a ciclagem de nutrientes estão inexoravelmente condenados a desaparecerem em um futuro próximo. Assim, é imprescindível que se estabeleçam formas de maximizar o uso da água antes do seu retorno para o leito dos rios, mares ou para o lençol freático (LEON e CAVALLINI, 1999; FELIZATTO; STARLING; SOUZA, 2000).

No caso das águas que correm nos canais de irrigação, uma alternativa para melhorar a eficiência do seu uso é explorá-las para a criação de peixes (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2003) alternativa esta que pode, também, se aplicar às águas acumuladas temporariamente nos reservatórios para irrigação. As águas residuárias da atividade piscícola, por sua vez, poderão trazer grande contribuição para a exploração agrícola, dada a riqueza em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (SCHMITTOU, 1997) provenientes das excretas de peixes e, principalmente, de restos de ração não consumida. Estes nutrientes são fundamentais, em particular, ao cultivo da bananeira, em locais de solos pobres, como os que ocorrem na maior parte do Brasil, podendo, portanto, ser utilizado na biofertilização de cultivos agrícolas, possibilitando o aumento na produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

A exploração da piscicultura em reservatórios de água de irrigação e o aproveitamento das águas residuárias para a produção de frutas poderá ser um forte instrumento para explorar

de forma mais eficiente os recursos hídricos do semiárido nordestino, como também será uma forma bastante eficaz de aumentar a segurança alimentar, já que estes alimentos são fontes generosas de proteínas de alta qualidade, de energia e de uma variedade de vitaminas e minerais. Além do mais, esta atividade também servirá para elevar a oferta de postos de trabalhos, renda e, certamente a qualidade de vida das famílias, dentro dos princípios de sustentabilidade (ARANA, 1999; LEON e CAVALLINI, 1999; ONGLEY, 2001; FELIZATTO; STARLING; SOUZA, 2000) de ambas as atividades.

Baumgartner et al. (2007) trabalharam com águas da piscicultura e água de irrigação provenientes de poço mais adubações suplementares não observaram diferenças significativas nas variáveis: altura, diâmetro da cabeça, comprimento da raiz, massa da raiz, massa total da planta, massa fresca e massa seca. Entretanto, o tratamento que utilizou água da piscicultura propiciou diferenças significativas para o comprimento da maior folha e número de folhas no cultivo da alface

Monte e Sousa (1992) observaram que a irrigação com águas residuárias de lagoa facultativa aumentou os rendimentos das culturas de milho e de sorgo, além de evitar o uso de quantidades significativas de fertilizantes. Osburn e Burkhead (1992), em seus estudos com irrigação de hortaliças com águas residuárias de esgoto urbano, concluíram que a água residuária secundária usada não afetou o rendimento das culturas e ocorreu aumento na concentração de nitrogênio e fósforo no solo durante a realização do experimento.

Santos (2009) observou que o fornecimento de nutrientes pelo efluente produzido pela tilápia do Nilo para a cultura do feijão-caupi, cultivar BRS Guariba, é insuficiente para alterar a sua produção e não modifica as características químicas do solo cultivado, de modo a comprometer a sua futura utilização

Em relação aos ganhos da piscicultura com o uso múltiplo das águas, Azevedo et al. (2008) concluíram que os viveiros intermitentemente drenados para irrigação, propiciaram melhor desempenho das tilápias, em termos de conversão alimentar e sobrevivência

A densidade de peixes em viveiro é abordada por Zimmermann (1999), destacando que a taxa de estocagem deve ser determinada pelo sistema de produção utilizado, pela quantidade de fertilizantes e alimentação suplementar disponível pelo número de peixes requeridos. Em cultivos intensivo com a Tilápia do Nilo, o autor informa que a taxa de estocagem pode alcançar cerca de 8 peixes por m² de viveiro, atingindo, em quatro meses, a um peso médio individual de 600 g.

De acordo com Kubitzka (2000) um cultivo com machos de Tilápia do Nilo com densidade de estocagem de 40.000 peixes por hectare, peso médio inicial de 40g, conversão

alimentar de 1,2:1, taxa de sobrevivência de 90%, peso médio final de 500g, ciclo de produção de 6 meses, pode apresentar uma produtividade de 27.000 kg de peixes ha⁻¹ ano⁻¹.

Embora ainda em caráter experimental e de observação, a CODEVASF vem explorando a criação de peixes, em especial de tilápias, em canais de irrigação, cujas produtividades são superiores às obtidas na criação tradicional em viveiros, chegando a produzir por ano cerca 45 kg de peixes por m³ de água. Com os dados já obtidos, estimam que a produção pode chegar a 17,8 mil toneladas de pescado por ano e geração de mais de 600 empregos diretos, utilizando apenas 25% dos canais de irrigação do Projeto Jaíba (CODEVASF, 2003).

A melhor produção de peixes foi observada com densidade de 56 peixes m⁻³, com renovação diária de água de 400 %, produzindo também os maiores teores de nutrientes no efluente, foi observado por Santos (2009) com estudos do uso múltiplo de água em tanques de PVC para a cultura do feijão-caupi, no Estado do Piauí.

No Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí, em Parnaíba-PI, um modelo de integração foi estabelecido mediante estocagem de tilápias em canais de irrigação, em três diferentes densidades (30, 20 e 10 peixes m⁻³) e alimentadas com rações extrusadas, contendo 35% a 28% de PB, nas taxas de 5%, 4% e 3% do peso vivo dia⁻¹. Após 116 dias de cultivo os peixes apresentavam no início do estudo peso médio de 34,44 g e comprimento total de 12,43 cm, apresentaram comprimento total de 29,87 cm a 31,48 cm e peso corporal de 564,35 g a 693,73 g. Foram registrados ganho de peso de 3,93 a 5,52 g dia⁻¹, produtividade de 289,67 a 92,49 kg. Também foi observada pouca interferência dos peixes sobre a qualidade da água do canal (OLIVEIRA e SANTOS, 2008).

Oliveira e Santos (2008) salientam que o desempenho dos peixes, o perfil limnológico, a facilidade de construção das unidades de cultivo e manejo atestaram a excelência dos canais de irrigação para a exploração intensiva de tilápia e pirarucu, possibilitando integrar a piscicultura com a agricultura irrigada com fins de otimização dos recursos hídricos e ampliação das atividades produtivas dos distritos de irrigação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do Ambiente

O experimento foi desenvolvido na área do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada no Vale do Parnaíba, localizada no Município de Santa Rosa do Piauí, PI, pertencente a CODEVASF. As coordenadas geográficas são: latitude 06° 47' 56''S, longitude 42° 17'17'' W e altitude 187 m. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Litólico Distrófico, relevo plano, pedregoso e suave ondulado (SANTOS et al., 2006b).

Para a caracterização físico-hídrica e química do solo e da água de irrigação foram coletadas amostras das camadas de 0,00 - 0,20; 0,20 - 0,40 e 0,40 - 0,60 m e nos poços tubulares destinados a fornecer água para irrigação, respectivamente. As análises foram feitas no laboratório da Embrapa Meio-Norte (Tabelas 1, 2 e 3 e Figura 1), adotando-se a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Tabela 7. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental

Camada (m)	CC %	PMP %	CAD mm	Densidade	Argila	Silte g kg ⁻¹	Areia
0,00-0,20	24,35	4,63	39,43	1,58	94	109	797
0,20-0,40	20,09	6,29	27,57	1,52	124	1637	712
0,40-0,60	21,56	6,75	29,61	1,54	129	133	738

Capacidade de campo (CC) à 10 kPa, ponto de murcha permanente (PMP) à 1500 kPa e Capacidade de água disponível (CAD).

Tabela 8. Caracterização química do solo da área experimental.

Característica	Unidade	Profundidade (cm)		
		0 a 20	20 a 40	40 a 60
Matéria Orgânica	g kg	4,18	3,93	3,74
pH	-	5,59	6,20	5,24
Fósforo	mg dm ⁻³	7,70	41,2	1,10
Potássio	mg dm ⁻³	0,29	0,30	0,24
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	0,92	1,10	0,37
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,56	0,93	0,76
Sódio	cmol _c dm ⁻³	0,48	0,43	0,26
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,13	0,02	0,95
Hidrogênio + alumínio	cmol _c dm ⁻³	1,67	1,09	2,74
Soma das bases	cmol _c dm ⁻³	2,25	2,76	1,63
CTC		3,52	3,55	4,22
V	%	52,61	69,32	35,08
M	%	6,57	0,81	39,09

CTC - capacidade de troca de cátions; v - saturação de bases; m - saturação de alumínio

A captação da água para irrigação foi feita através de bombas submersas de dois poços tubulares ou para dois reservatórios, que têm dimensões de 54 x 17 x 2 m, onde se manteve uma lâmina média de 1,8 m, com uma capacidade média para armazenar 1.650 m³ (Figura 2).

Tabela 9. Característica química da água da área experimental

Poços	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	CE	RAS
		mmol _c L ⁻¹		mmol _c L ⁻¹		dS m ⁻¹		(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	
Poço 1	8,28	1,25	1,11	2,84	0,16	0,48	0,16	0,38	2,62
Poço 2	8,38	1,23	1,38	2,16	0,19	0,48	0,16	0,34	1,89

Cálcio (Ca); magnésio (Mg); sódio (Na); potássio (K); bicarbonato (HCO₃); carbonato (CO₃); condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção do sódio RAS.

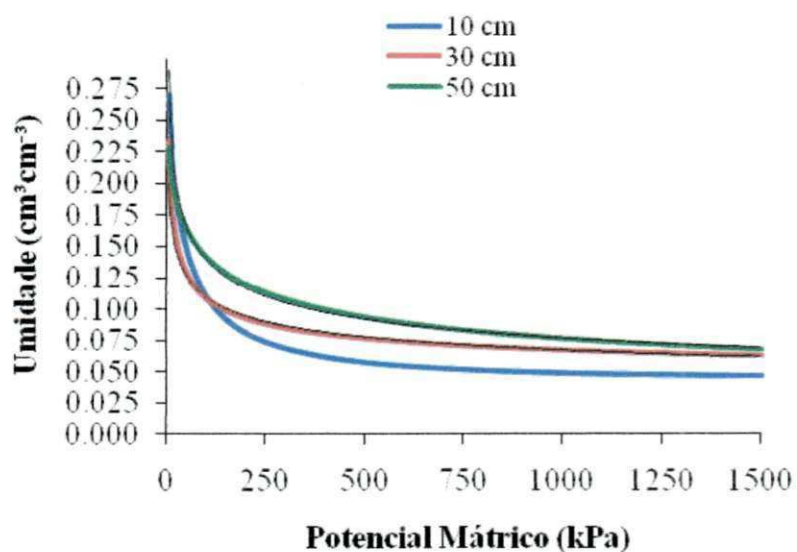


Figura 1. Curva de retenção de água no solo, para as camadas de 0-0,20, de 0,20-0,40 e de 0,40-0,60 m de profundidade, da área experimental.

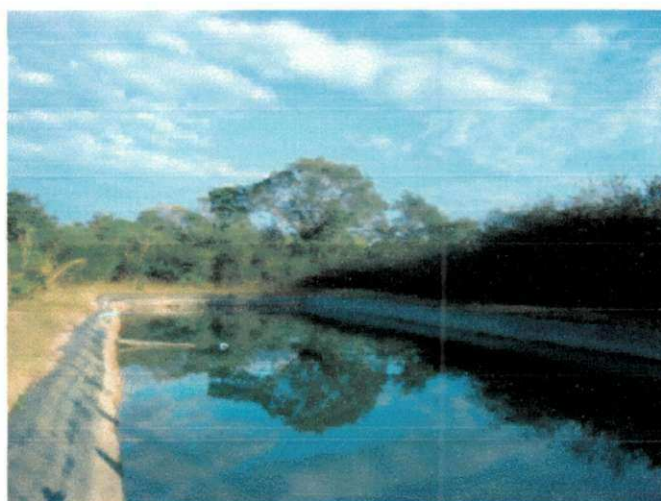


Figura 2. Reservatório para armazenamento de água para irrigação e criação de peixe

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é tropical semiárido, quente e seco, a região apresenta temperatura média de 29° C, umidade relativa média do ar 67% e precipitação pluviométrica média de 812 mm, com período chuvoso de novembro a abril.

Os valores diários da temperatura do ar, da umidade relativa do ar, da precipitação pluvial e da evapotranspiração de referência medidas no período de execução foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Meio-Norte (Figura 3), instalada a cerca de 100 m da área experimental.

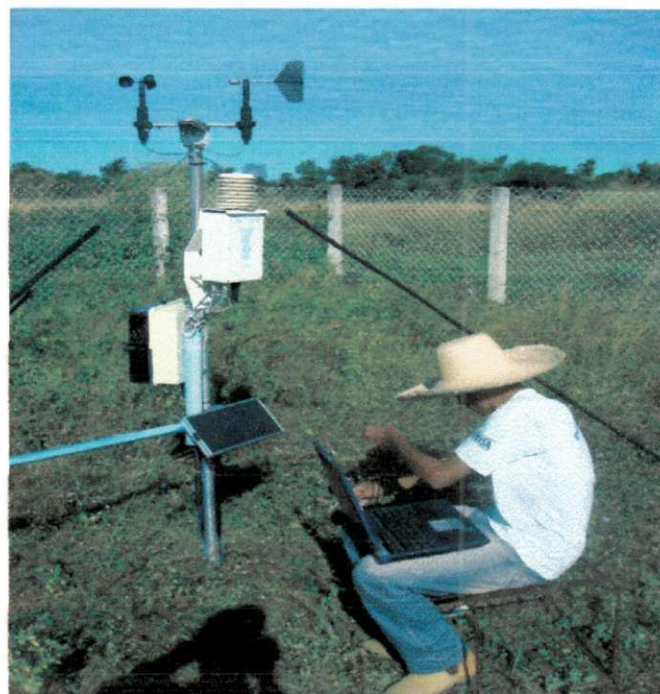


Figura 3. Coleta diária dos dados meteorológicos na estação automática

4.2. Caracterização da Cultura e Plantio

O preparo do solo constou de limpeza da área e duas gradagens com aplicação e incorporação de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico 30 dias antes do transplântio das mudas. As mudas adquiridas foram micropropagadas em cultura de tecido, plantadas em sacos plásticos pretos e climatizadas em sombrites 50%, após 60 dias estavam prontas para serem transplantadas.

O plantio foi realizado em outubro de 2007, com espaçamento de $3 \times 3 \text{ m}$ e covas abertas nas dimensões de $0,60 \times 0,60 \times 0,60 \text{ m}$. O controle das ervas daninhas entre as fileiras de plantio foram realizadas sempre que possível por meio de roço pelo trator e nas linhas de plantio por meio de capinas manuais com uma faixa ao redor de $0,90 \text{ m}$. Quanto ao controle de pragas e doenças não ocorreram problemas fitossanitários.

As adubações e calagem foram feitas de acordo com recomendação feita pela análise de solo da época, onde foram aplicados em fundação 60 g de FTE BR 12 (micronutrientes), 1 kg de superfosfato simples, 250 g calcário, 20 L de esterco e 820 g de cloreto de potássio por cova. Após 30 e 60 dias do plantio foram feitas adubações de cobertura com 50 g de uréia e 35 g de cloreto de potássio, aos 90 dias 70 g de uréia e cloreto de potássio, aos 120 dias 70 g e 100 g respectivamente. No período de floração e frutificação foram feitas quatro aplicações

com 180 g e 300 g de uréia e cloreto de potássio e duas aplicações de superfosfato simples com 150 g.

O estudo com aplicação das lâminas de irrigação teve início no mês de abril, no final do primeiro ano de produção para não comprometer as mudas com estresse hídrico. No momento que se iniciou os trabalhos no final do primeiro ciclo foi realizada amostragem de solo para análises como foi descrito anteriormente. Foram feitas adubações mensais com uréia e cloreto de potássio com aplicações via água de irrigação, respeitando o que já existia no solo.

4.3. Caracterização do Sistema de Irrigação e Manejo de Água

A irrigação da banana foi feita por um sistema de microaspersão, cuja captação de água foi feita do reservatório 1 com utilização de uma estação de controle composta por um conjunto motobomba centrífuga, filtros e uma bomba injetora de fertilizante.

A linha principal possuía diâmetro de 100 mm com 150 m comprimento, as linhas secundárias com diâmetro de 50 mm e comprimento de 20m, onde logo após foram distribuídas para as tubulações de polietileno.

As linhas laterais, com diâmetro de 16 mm, com 39 m de comprimento proporcionaram pequena perda de carga e baixa variação da vazão dos microaspersores ao longo da mesma. O ponto de injeção de fertilizantes (Figura 4) foi composto de uma bomba injetora de acionamento hidráulico, com um manômetro. Para a irrigação manteve-se uma pressão de serviço de 240 kPa e para fertirrigação de 260 kPa.



Figura 4. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação utilizando bomba injetora de acionamento hidráulico

4.4. Lâminas de Irrigação

4.4.1. Delineamento da área experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos (lâminas de irrigação estimadas a partir de percentuais da ETo) com quatro repetições (Tabela 4), totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi constituída por três linhas de plantio com 13 plantas, sendo duas bordaduras, dessas para as medições de características morfológicas e fisiológicas, utilizou-se 4 plantas por parcela (Figura 5).

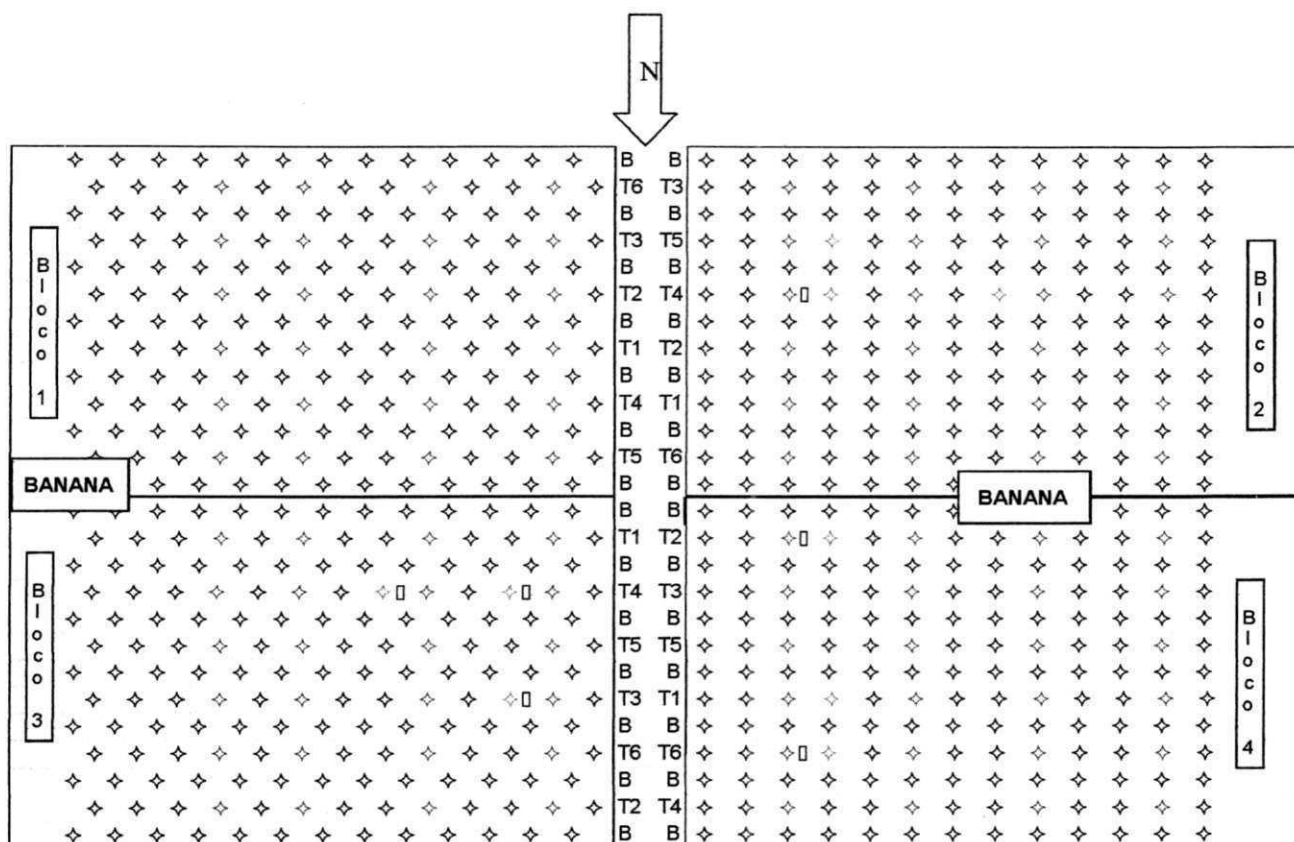
Tabela 10. Esquema de análise de variância para delineamento experimental de blocos casualizados

CAUSA DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Tratamento	5
Blocos	3
Resíduo	15
Total	23

Utilizaram-se seis lâminas de irrigação baseadas em frações da evapotranspiração de referência (ETo) determinada pelo modelo de Penman-Monteith a partir de dados coletados da estação agrometeorológica instalado na área experimental. Os tratamentos foram assim definidos: T1 – 0,25 * ETo; T2 – 0,50 * ETo; T3 – 0,75 * ETo; T4 – 1,0 * ETo; T5 – 1,25 * ETo; T6 – 1,5 * ETo.

No início do 2º ciclo, período compreendido entre 28 de março a 30 de maio de 2008, o manejo foi realizado aplicando quantidade d'água uniforme para todos os tratamentos, a fim de garantir o desenvolvimento dos perfílios da planta filha e o estabelecimento da cultura. A partir desse procedimento as quantidades d'água foram diferenciadas de acordo com os tratamentos.

Para fazer o monitoramento da água no perfil do solo foi instalada uma bateria com três tensiômetros por tratamento nas profundidades de 0,3, 0,5 e 0,8m.



LEGENDA

- ♦ Plantas úteis
- ♦ Plantas que foram instalados os tensiômetros
- T - Tratamentos que receberam lâminas
- B - Bordadura

Figura 5. Croqui simplificado da área experimental com detalhes após a casualização das lâminas de irrigação e localização das baterias de tensiômetros

A lâmina de irrigação mais adequada e recomendada para a banana foi determinada em função do desenvolvimento das plantas, da produtividade e qualidade dos frutos, e da receita líquida estimada, avaliada em dois anos.

4.4.2. Determinação da evapotranspiração de referência

Diariamente na estação agrometeorológica automática instalada na área do projeto, foram coletados os dados referentes às características climáticas (umidade relativa, temperatura, velocidade e direção do vento, radiação solar e radiação líquida) necessários à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith padronizado por Allen et al. (1998) conforme equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

R_n = radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

γ = constante psicrométrica (MJ kg^{-1}).

Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);

U_2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s^{-1});

T = temperatura do ar ($^\circ\text{C}$);

es = pressão de saturação do vapor d'água (kPa);

ea = pressão atual do vapor d'água (kPa);

Antes do início do experimento avaliou-se a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação utilizado, medindo-se a vazão do microaspersor ao longo das linhas laterais e a pressão de serviço. A uniformidade de distribuição foi avaliada pela equação de Christiansen, conforme, Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Utilizou-se 200 coletores distribuídos numa área de 2 m^2 e o coeficiente (CUC) encontrado foi de 98,5%, conforme equação 2:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right] \quad (2)$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em porcentagem;

q_i = volume de cada coletor (L h^{-1});

\bar{q} = volume médio dos coletores (L h^{-1});

n = número de coletores.

As lâminas de água (L) (Equação 3) aplicadas durante a realização do experimento foi calculado levando em consideração os tratamentos (lâminas de irrigação) estimadas a partir de percentuais da ETo.

$$L = \frac{ETo \times P}{Ef} \quad (3)$$

Em que:

L = lâmina de água (mm);

ETo = Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

(P) = percentagem (em decimal) correspondente ao tratamento, sendo P = 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50;

Ef = eficiência de irrigação (0,91).

4.4.3. Determinação do tempo de irrigação

O tempo de irrigação para cada tratamento em minuto foi determinado pela equação 4. A área total utilizada foi de 9 m².

$$Ti = \left(\frac{L \times AT}{q} \right) \times 60 \quad (4)$$

Em que:

Ti = tempo de irrigação (minuto);

L = lâmina aplicada (mm);

AT = área total da planta (m²);

q = vazão do microaspersor (L h⁻¹).

As precipitações pluviais foram consideradas nos cálculos das lâminas de irrigação. Quando ocorriam precipitações pluviais, a necessidade de irrigação era feita fazendo a comparação: se $Pe > (ETo \times T\%)$ não havia necessidade de irrigação e se $Pe < (ETo \times T\%)$ a irrigação era feita aplicando o valor que faltara de acordo com cada tratamento.

4.4.4. Monitoramento e controle da umidade

O monitoramento da umidade do solo foi realizado com a instalação de uma bateria de três tensiômetros por tratamento nas profundidades de 0,20, 0,50 e 0,80 m, a 0,30 m de distância da planta (Figura 6A), voltados para a direção norte. Para a determinação dos coeficientes de cultivos (K_c) utilizou o tratamento T4 ($100\% \cdot E_{To}$); assim, duas baterias com seis tensiômetros foram instaladas nas mesmas profundidades, porém, em distâncias de 0,30 m e 0,60 m do caule (Figura 6B), de tal maneira a permitir fazer a estimativa da água armazenada e drenada no volume de solo explorado pelas raízes da planta.

As medições de tensão da água no solo foram feitas por meio de leituras realizadas, diariamente entre 7 e 9 horas, nos tensiômetros utilizando um tensímetro com leitor digital. De acordo com Coelho et al. (2010) os locais ideais de instalação dos sensores de umidade variam de 0,35 a 0,40 m de profundidade. Assim, neste trabalho adotou-se 0,40 m como limite para armazenamento de água do solo.

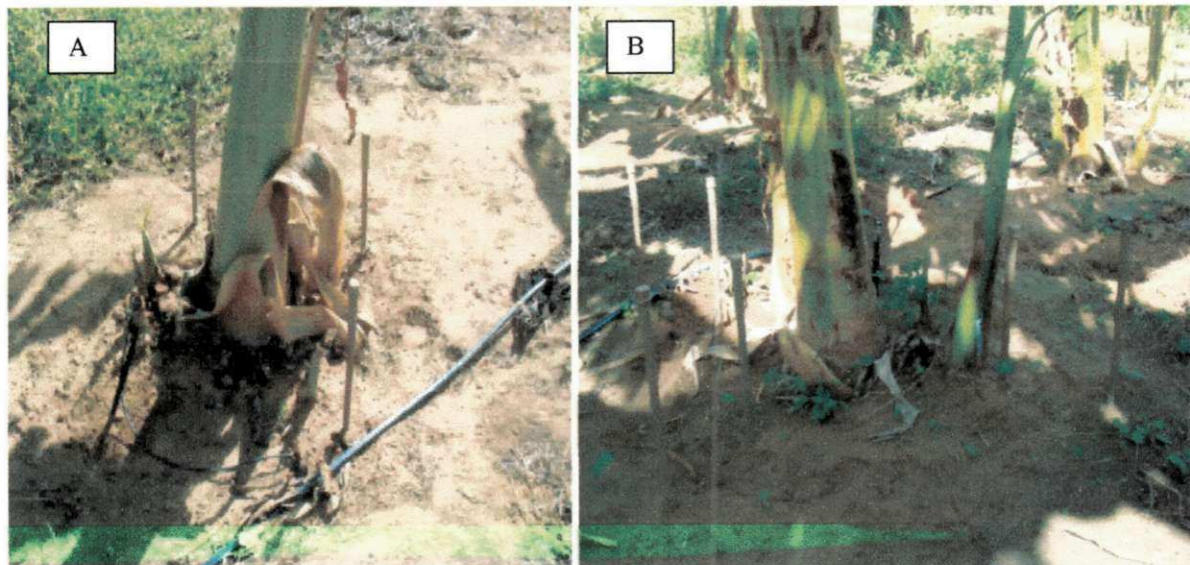


Figura 6. Bateria com três tensiômetros instalada em torno da planta da bananeira.

Os valores das leituras foram convertidos em potencial matricial de água no solo ($-\Psi_m$) na unidade de kPa utilizando a equação 5 e, posteriormente, com os parâmetros do modelo descrito por van Genuchten (1980) (equação 6), foram obtidas conforme Dourado Neto et al. (1995) com o auxílio do software SWRC versão 3.0 (Soil Water Retention Curve), cujos parâmetros de ajuste descritos na Tabela 5, determinou-se os teores de água para as camadas de 0-0,20 m; 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m.

$$\Psi_m = \frac{L_t}{10} - (h_c + h) \quad (5)$$

Em que:

Ψ_m - potencial de água no solo (- kPa);

L_t - leitura no tensímetro (- mbar);

h_c - altura da coluna de água da capsula até o solo (cm);

h - altura da coluna de água do solo até o manômetro (cm).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (|\Psi_m| \times \alpha)^n\right]^m} \quad (6)$$

Em que:

θ - umidade atual à base de volume ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_r - umidade residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s - umidade de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Ψ - potencial de água no solo (kPa);

α (cm^{-1}), m e n - parâmetros empíricos do modelo matemático.

Tabela 11. Valores dos parâmetros do modelo de van Genuchten nas respectivas camadas do perfil do solo: Neossolo Litólico Distrófico

Camada (m)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α (cm^{-1})	m	n	P (g cm^{-3})
0,00 - 0,20	0,044	0,395	0,0006	7,5139	0,4985	1,58
0,20 - 0,40	0,033	0,467	1,6007	0,1074	3,1894	1,52
0,40 - 0,60	0,000	0,287	0,0475	0,5693	0,5735	1,54

4.4.5. Variação do armazenamento e drenagem de água no solo

Para organização dos cálculos, o armazenamento de água nas camadas do solo (z) foi classificado em h_1 (0-0,30 m), h_2 (0,30-0,60 m) e h_3 (0,60-0,80 m), sendo, calculado o

armazenamento de água (h) no solo por camada e total nas faixas 30 e 60 cm de distância do caule da planta da seguinte forma: h_1 e h_2 (mm) = umidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) x z (mm) e h total = $h_1 + h_2$ (mm).

Com os dados de umidade nas respectivas camadas, determinou-se o armazenamento de água no solo (h) e sua variação (Δh) (equação 7) (LIBARDI, 2005) num intervalo de tempo diário, para profundidade de 600 mm, utilizando a seguinte equação:

$$\Delta h = h_{t_2} - h_{t_1} \quad (7)$$

Em que:

Δh = variação de armazenamento de água no período de 1 dia (mm);

$h_{(t_1)}$ = armazenagem no início do período (t_1) (mm);

$h_{(t_2)}$ = armazenagem no fim do período (t_2) (mm).

A drenagem da água no solo foi calculada considerando o armazenamento de água na camada h_3 (0,60 - 0,80 m) em faixas distanciadas do caule da planta 0,30 e 0,60 m, sendo constituída pela variação do armazenamento diário.

4.4.6. Determinação da evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi calculada a partir do balanço de entrada e saída de água do sistema solo-planta-atmosfera e o armazenamento de água no perfil do solo. A irrigação e precipitação efetiva constituíram os componentes da entrada de água no sistema. A drenagem e o próprio consumo da planta constituíram as saídas. Os componentes de drenagem e armazenamento de água no perfil do solo foram determinados a partir do balanço de água no solo já descrito anteriormente. O cálculo da ETc foi feito utilizando a equação 8 descrita seguir.

$$ETc = (I + Pe) \pm h - D \quad (8)$$

Em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm);

I = lâmina total de irrigação no período (mm);

Pe = precipitação efetiva no período (mm);

D = lâmina de drenagem no período (mm);

h = armazenamento de água no período (mm).

O balanço hídrico foi realizado no período de junho de 2008 até janeiro de 2009, para intervalos diários. Precipitação efetiva é realmente aquela que estará contribuindo com a água disponível do solo.

4.4.7. Coeficiente de cultivo

O coeficiente de cultivo (K_c) foi determinado de forma indireta a partir da relação descrita pela equação 9 entre a evapotranspiração de cultura e evapotranspiração de referência, determinados através do balanço hídrico e pela estação meteorológica automática, respectivamente.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (9)$$

Em que:

K_c = coeficiente de cultivo;

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm);

ET_o = evapotranspiração de referência (mm);

4.5. Variáveis Avaliadas

4.5.1. Análise de crescimento das plantas

As alturas dos pseudocaulos das plantas filha e neta foram medidas mensalmente, em função dos tratamentos de irrigação. Tomaram-se como pontos extremos o solo e a inserção da folha mais nova para determinação das medições.

O perímetro do pseudocaulo das plantas filha e neta foram medidas a 20 cm de altura do solo, mesma metodologia adotada por Figueredo et al. (2006). As medições foram realizadas mensalmente, na segunda semana de cada mês.

Área foliar foi determinada no campo utilizando a metodologia proposta por Kumar et al. (2002) que envolve medições da largura e comprimento das folhas da bananeira e a aplicação da equação 10.

$$AFT = C \times L \times 0,796 \times N \times 0,662 \quad (10)$$

Em que:

AFT= área foliar total (cm²);

C= comprimento da folha (cm);

L= largura da folha (cm);

N= número de folha;

0,796 e 0,662 são fatores de correção para largura e comprimento segundo Busquet et al. (2006).

4.5.2. Análise da produção da cultura

Para a avaliação do desempenho produtivo da cultura da bananeira FHIA 18, foram observados os seguintes componentes: produtividade (P), peso do cacho (PC), número de pencas (NP), número de banana por penca (NBP), peso das pencas por cacho (PP), peso médio da banana por penca (PMB), peso médio da casca (PMC) e peso médio da polpa (PMC).

No final de cada período foram tomados ao acaso quatro frutos, sendo um na primeira penca, o segundo na penca intermediária e o último na penúltima penca de cada parcela e determinados: a) comprimento; b) o diâmetro; c) a concentração de sólidos solúveis e acidez, conforme metodologias recomendadas por Pregnoatto e Pregnoatto (1985).

4.5.3. Estado nutricional da planta

Para a determinação dos teores de nutrientes presentes nas folhas utilizou-se a metodologia de amostragem recomendada por Martin-Prével, (1984). A amostragem consiste na coleta da porção central do limbo da terceira folha, contando-se a partir do ápice, na época em que a inflorescência apresentar duas ou três pencas masculinas abertas. As amostras foram processadas e analisadas quanto aos teores foliares de macro (N, P, K, Ca e Mg) e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) de acordo com Bataglia et al. (1983). A partir dos resultados, foi possível avaliar o estado nutricional da cultura e o acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo. As análises foram feitas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI.

4.5.4. Análise química do solo no final do experimento

Após a colheita final da cultura e em todas as unidades experimentais, foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 0,2, 0,2 a 0,4 e 0,4 a 0,6 m. A metodologia de análise adotada foi a recomendada por Silva (1999), e os resultados das análises embasaram uma comparação das características químicas do solo, antes e após a aplicação dos tratamentos, na cultura da bananeira.

4.5.5. Análises estatísticas

O conjunto de dados obtidos para as variáveis analisadas nos experimentos da cultura da bananeira foi submetido à análise de variância, adotando-se um nível de significância de 1 % para o teste F. Como ferramenta de análise, foi utilizado o software SAS - Statistical Analyses System (SAS, 1996).

4.6. Avaliação Técnica do Uso Múltiplo da Água de Irrigação na Piscicultura e os Impactos dos Resíduos na Adubação das Culturas

4.6.1. Instalações para o cultivo de tilápia

O preparo do solo para o cultivo de peixe consta da limpeza da área e construção dos viveiros, realizados geralmente por trator de esteira, com tempo médio de trabalho de 5,5 horas por reservatório com volume de 1800 m³.

Os peixes foram estocados em dois reservatórios de terra revestidos no fundo por uma lona de polietileno preta para evitar a percolação de água. Os reservatórios tinham formato de retângulo com dimensões de 54 x 17 m, ficando o fundo 0,5 m abaixo do nível do terreno e 1,3 m acima, onde se manteve uma lâmina de 1,8 m, com uma capacidade de armazenamento média de 1.650 m³. Em uma das extremidades dos reservatórios onde se encontrava a bomba centrífuga existiam uma contenção de brita para que os alevinos não fossem sugados pela bomba (Figura 7).

Os reservatórios foram abastecidos individualmente, pela parte superior, com água proveniente de poço tubular, sendo o sistema de drenagem do mesmo realizado

simultaneamente para irrigação da banana. Para aumentar a oxigenação da água do reservatório perfurou-se longitudinalmente a extremidade do cano de abastecimento.

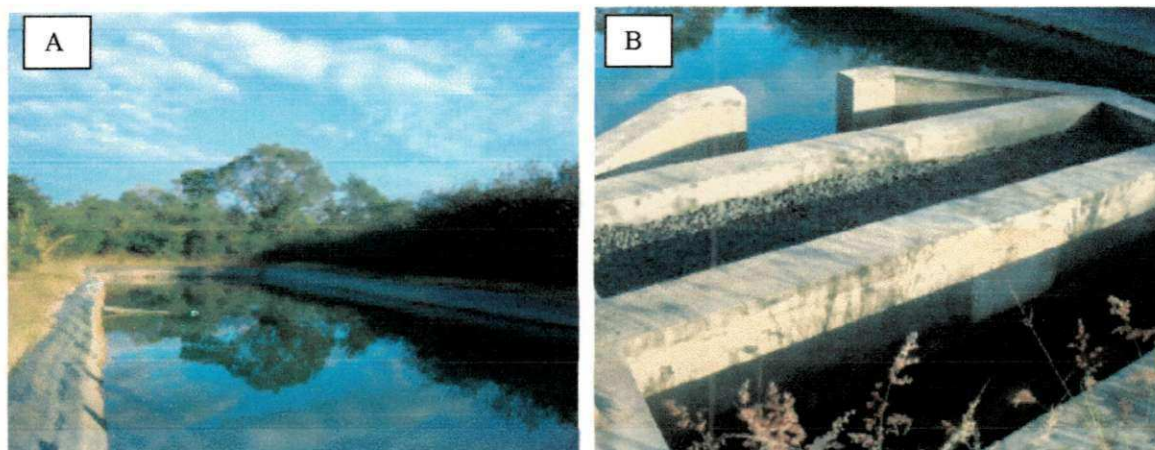


Figura 7. Reservatório para armazenar água de irrigação e estocagem de peixes: vista do espelho d'água (A) e vista do contentor de peixes (B).

4.6.2. Manejo dos peixes

Fez-se o povoamento do tanque dia 12/11/2008 utilizando alevinos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, revertidos sexualmente para machos. No momento do povoamento fez-se a primeira biometria, onde se observou que os alevinos apresentavam peso médio de $20,84 \pm 4,24$ g e comprimento médio de $8,3 \pm 1,16$ cm.

O manejo alimentar foi realizado com ração comercial extrusada apresentando 40, 35, 32 e 28% de proteína bruta (PB), com peletes de 4 mm, 6 mm e 8 mm de diâmetro, respectivamente, e taxa alimentar de 5,0 a 2,5% do peso vivo (PV) por dia, distribuída em quatro refeições diárias, de acordo com as várias fases de desenvolvimento e conforme apresentado na Tabela 6. A ração fornecida em cada tanque por refeição foi pesada em balança digital com precisão de 0,05 g. Procedeu-se avaliações por 145 dias tendo sido finalizadas nos primeiros dez dias do mês de março de 2009, quando aconteceu a sexta e última biometria.

Tabela 6. Idade dos peixes e características da ração utilizada no manejo alimentar da tilápia nilótica durante a realização do trabalho

Idade	Peso vivo (g)	Refeição	Taxa alimentar (%PV)	% PB na Ração	Diâmetro do Pelete (mm)
Até - 27	57 - 130	4	5,0	40	4
28 - 56	130 - 217	4	5,0	35	4
57 - 88	217 - 332	4	5,0	32	6
89 - 120	332 - 428	4	4,0	28	8
120 - 145	428 - 630	4	2,5	28	8

4.7. Características Avaliadas

4.7.1. Crescimento, produção e desempenho dos peixes

O crescimento, produção e desempenho dos peixes foram verificados através da caracterização biométrica, sendo estas realizadas a partir do dia da estocagem dos peixes nos reservatórios e a cada 29 dias durante 145 dias, sempre no horário da manhã até as dez horas.

Realizou-se a biometria inicial, amostrando 10% da população dos peixes, na qual se determinou individualmente, o peso corporal (g) em balança digital com precisão de 0,01 g e comprimento total (cm) com ictiômetro. Nas biometrias realizadas após a estocagem, foram amostradas 10% da população de peixe de cada tanque. Os peixes eram capturados com auxílio de puçá, acondicionada em recipiente plástico de 1.000 litros, e submetida às determinações biométricas de peso corporal e comprimento total, conforme já descrito. As variáveis de desempenho determinadas foram: ganho de peso absoluto (GPA), ganho de peso relativo (GPR), ganho de comprimento absoluto (GCA), ganho de comprimento relativo (GCR), ganho de peso diário médio (GPD), utilizando as equações 11, 12, 13, 14 e 15 relacionadas a seguir:

$$GPA (g) = Pf - Pi \quad (11)$$

$$GPR (\%) = \left[\frac{Pf}{Pi} - 1 \right] \times 100 \quad (12)$$

$$GCA (g) = Cf - Ci \quad (13)$$

$$GCR (\%) = \left[\frac{Cf}{Ci} - 1 \right] \times 100 \quad (14)$$

$$GPD(gdia^{-1}) = \frac{Pf - Pi}{t} \quad (15)$$

Em que:

Pf = peso médio dos peixes (g) no final da avaliação.

Pi = peso médio dos peixes (g) no início da avaliação.

Cf = comprimento médio dos peixes (g) no final da avaliação.

Ci = comprimento médio dos peixes (g) no início da avaliação.

t = duração do cultivo, em dias.

4.7.2. Análise física e química dos efluentes da piscicultura

As coletas de água para análise físico-química foram realizadas mensalmente no período compreendido entre novembro de 2008 a março de 2009, ou seja, no período de cultivo do peixe, totalizando cinco coletas.

A água foi coletada do tanque de piscicultura utilizadas na irrigação, a uma profundidade de 30 cm, sendo utilizado como recipiente garrafa plástica foscas, em seguida foi armazenada em freezer para no dia seguinte serem enviadas ao laboratório de análise, acondicionadas em caixa plásticas lacrada para manter a temperatura.

Determinaram-se as concentrações de cátions e ânions, utilizando as metodologias descritas por Silva (1999). As determinações das concentrações dos compostos nitrogenados - nitrito ($mg L^{-1}$), nitrato ($mg L^{-1}$) e amônia ($mg L^{-1}$), utilizando espectrofotometria, foram realizadas conforme descrito por Golterman et al. (1978), Mackereth et al. (1978) e Koroleff (1976) respectivamente. Se determinou ortofosfato- PO_4^{2-} ($mg L^{-1}$), utilizando colorimetria pelo método da Apha (1995). Fez-se ainda, as determinação do pH (unidade padrão) e condutividade elétrica – CE ($dS m^{-1}$). Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Água e Solo da Embrapa Meio Norte/UEP-Parnaíba.

4.8. Avaliação Econômica do Uso Múltiplo da Água na Irrigação e Piscicultura

4.8.1. Levantamento de dados

Para fazer a avaliação econômica do uso múltiplo da água de irrigação e piscicultura foi realizada uma pesquisa na região para levantamentos de dados referentes aos preços de serviços e dos produtos peixe e banana. Neste trabalho, foram entrevistados técnicos da assistência técnica, produtores e feirantes.

As informações foram levantadas no período de 2008 a 2009, sendo a pesquisa concentrada nos Municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras, pertencentes à região sudeste do Piauí. Os aspectos técnicos e econômicos relacionados ao processo produtivo desde o preparo do solo até a colheita foram registrados em planilhas.

4.8.2. Estrutura e cálculo do custo de produção

Para o cálculo do custo de produção, do presente trabalho, a estrutura foi baseada no custo operacional total (COT) (MATSUNAGA et al., 1976) e no custo total de produção (CTP).

O custo operacional efetivo (COE) que é formado pelo conjunto das despesas efetivamente desembolsadas pelo produtor foi obtido pela soma das despesas com operações mecanizadas, sendo considerados os gastos com combustíveis, reparos e manutenção, óleo lubrificante e tratorista; energia elétrica; operações manuais sendo levantada a quantidade de mão-de-obra nas diversas atividades, obtendo-se o número de homens/dia (HD) para executá-la, sendo o custo unitário conforme preços médios regionais, e para os insumos foram coletados preços médios regionais em empresas específicas. Somando ao COE os valores com os juros de custeio (6,75% a.a. sobre metade do COE), outras despesas (5% do COE), depreciações e ferramentas, foi obtido o Custo Operacional Total (COT) e, acrescentando-se ao COT a remuneração do capital obteve-se o Custo Total de Produção (CTP).

Para calcular a lucratividade da banana FHIA 18, o preço pago ao produtor foi levantado em R\$ (reais) na região.

O preço de equilíbrio é o preço mínimo do produto que custeia a produção.

Foram estimados os seguintes indicadores:

- Receita bruta (RB) - produto da produção total (PT) em kg obtido no período pelo preço de venda (PV), médio em R\$, recebido pelo produtor no período (Equação 16);

$$RB = PT \times PV \quad (16)$$

- Lucro operacional (LO) – em R\$, obtido pela diferença entre a receita bruta (RB) em R\$ e o custo operacional total (COT) em R\$ (Equação 17);

$$LO = RB - COT \quad (17)$$

- A receita líquida (RL) – em R\$, obtida pela diferença entre receita bruta (RB) em R\$ e custo total de produção (CTP), em R\$ (Equação 18);

$$RL = RB - CTP \quad (18)$$

- Índice de lucratividade (operacional)(ILOp) – em %, obtido pela divisão entre o lucro operacional (LO) em R\$ e receita bruta (RB) em R\$ (Equação 19);

$$ILOp = \left(\frac{LO}{RB} \right) \times 100 \quad (19)$$

- Índice de lucratividade (líquida)(ILI)- em %, dado pela receita líquida (RL) em R\$ dividida pela receita bruta em R\$ (Equação 20);

$$ILI = \left(\frac{RL}{RB} \right) \times 100 \quad (20)$$

- Preço de equilíbrio (PE) – em R\$ por kg, obtido pela divisão do custo total de Produção (CTP) em R\$ e a produção (P) em kg (Equação 21);

$$PE = \left(\frac{CTP}{P} \right) \quad (21)$$

Esta metodologia de cálculo foi aplicada considerando a produção de peixes nos tanques destinados a armazenar água para irrigação da bananeira.

A espécie de peixe utilizada foi a Tilápia Nilótica, linhagem chitralada (*O. niloticus*) cujo ciclo produtivo médio é de seis meses, quando se espera que tenham atingido tamanhos adequados ao mercado (igual ou superior a 500g).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características Climáticas no Período

Foram coletados dados diários de variáveis meteorológicas (Tabelas 7 e 8) que deram subsídios ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), pelo método de Penman-Monteith, padronizado pela FAO. Em relação à precipitação pluviométrica os anos de 2008 e 2009 foram atípicos, apresentando um período chuvoso mais longo e mais intenso quando comparado com a média da região que é de aproximadamente 850 mm. Durante o primeiro ano de produção não se aplicou os tratamentos, pois ficaria inviável o pegamento das mudas, então optou-se em trabalhar a partir da emergência do perfilho da planta filha até a colheita (2º ciclo) que ocorreu de março de 2008 a março de 2009 e da emergência do perfilho da planta neta até a colheita (3º ciclo) que ocorreu de novembro de 2008 a novembro de 2009.

Para os dois períodos foram registrados precipitações pluviais superiores a 1000 mm, valor considerado adequado para a produção de banana, segundo Lima e Meirelles, (1986), informam que o consumo anual de água dessa cultura é de 1.000 a 3.430 mm. Doorembos e Kassam (1994), relatam que as necessidades hídricas anuais variam de 1.200 mm, nos trópicos úmidos, a 2.200 mm, nos trópicos secos e Alves et al. (1997) citando que as maiores produções de banana estão associadas a uma precipitação anual de 1.900 mm.

Tabela 7. Dados médios de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U2), radiação global (Rn) e total do ano da evapotranspiração (ETo) e precipitação (P). Santa Rosa do Piauí, 2008 - 2009

Meses	2º ciclo					
	T (°C)	UR (%)	U2 (m s ⁻¹)	Rn (MJ m ⁻²)	ETo (mm)	P (mm)
MAR	24,54	90,56	0,36	143,88	42,55	425,2
ABR	25,18	88,44	0,41	158,89	49,06	218,8
MAI	25,15	82,55	0,56	168,95	56,83	59,0
JUN	24,13	71,08	0,74	169,87	65,32	4,8
JUL	24,95	57,94	1,19	180,66	85,08	5,4
AGO	26,85	48,66	1,37	209,42	104,96	3,2
SET	29,24	40,16	1,36	218,80	116,15	9,2
OUT	30,51	37,27	1,43	239,39	130,07	2,0
NOV	30,18	47,75	0,81	193,87	89,23	25,6
DEZ	26,84	76,14	0,46	188,07	64,11	133,0
JAN	26,05	81,61	0,41	181,02	58,24	172,4
FEV	25,40	87,39	0,37	132,81	41,00	220,0
MAR	25,56	88,05	0,28	138,05	42,01	214,8
Média	26,51	69,05	0,75	178,74	-	-
Total	-	-	-	-	944,61	1493,4

Tabela 8. Dados médios de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (U2), radiação global (Rn) e total do ano da evapotranspiração (ETo) e precipitação (P). Santa Rosa do Piauí, 2008 - 2009

Meses	3º ciclo					
	T (°C)	UR (%)	U2 (ms ⁻¹)	Rn (MJ m ⁻²)	ETo (mm)	P (mm)
NOV	30,18	47,75	0,81	193,87	89,23	25,6
DEZ	26,84	76,14	0,46	188,07	64,11	133
JAN	26,05	81,61	0,41	181,02	58,24	172,4
FEV	25,40	87,39	0,37	132,81	41,00	220
MAR	25,56	88,05	0,28	138,05	42,01	214,8
ABR	25,19	91,06	0,33	112,23	33,96	226,6
MAI	24,96	89,01	0,34	109,36	34,76	92,8
JUN	24,58	79,22	0,51	124,58	46,51	8,8
JUL	25,52	64,48	0,92	135,66	67,32	5,4
AGO	27,13	51,51	1,21	150,68	84,85	0,4
SET	29,54	41,24	1,07	162,49	89,47	1
OUT	28,82	57,38	0,72	150,96	71,28	51,8
NOV	28,97	56,27	0,83	149,60	74,39	35,4
Média	26,83	70,09	0,64	148,41	-	-
Total	-	-	-	-	797,13	1188

5.2. Lâminas de Irrigação e Monitoramento da Umidade do Solo

Os valores totais de água aplicada no 2º e 3º ciclos (Tabela 9) da cultura da banana FHIA18 por microaspersão durante o período de cultivo foram divididos em três fases: no momento da fertirrigação, na irrigação e a precipitação efetiva (Tabela 10).

Tabela 9. Valores totais de lâminas de água aplicadas para o 2º e 3º ciclo

Tratamento	Água aplicada (mm)							
	2º ciclo				3º ciclo			
	Ferti	Irrigação	Precip. Ef.	Total	Ferti	Irrigação	Precip. Ef.	Total
T1	83,37	236,15	292,83	612,3	85,87	199,3	232,9	518,1
T2	66,23	472,31	232,63	771,2	68,24	398,6	185,1	651,9
T3	57,38	708,46	201,54	967,4	59,16	597,9	160,3	817,3
T4	58,61	944,61	205,84	1209,0	59,93	797,1	163,7	1020,8
T5	28,97	1180,76	101,75	1311,5	30,0	996,4	80,9	1107,3
T6	2,09	1416,92	7,35	1426,4	2,6	1195,7	5,8	1204,1

Em observação aos diferentes valores de precipitação efetiva foram devido às diferenças de umidade, isto é, a capacidade de água que o volume de solo conhecido possa comportar, no caso, em relação a cada tratamento principalmente durante o período de diferenciação de lâminas.

Os perfis de distribuição temporal do conteúdo de água do solo para o 2º ciclo, na profundidade de 0,30 m, descritos pelas Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentaram comportamento diferenciado na oscilação e manutenção dos valores. Em relação a essa profundidade, a umidade do solo na capacidade de campo foi da ordem de $0,2435 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

Para o nível de irrigação T1 (Figura 8), constatou-se que a umidade do solo oscilou entre $0,148$ e $0,293 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, com média $0,205 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, inferior a umidade de capacidade de campo ($0,2435 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). Como podem ser observados, apenas em cinco pequenos intervalos de tempo os teores de umidade registrados foi superior a umidade na capacidade de campo (períodos entre 448 e 452, 480 e 490, 530 e 536, 570 e 580 e 600 e 640 dias após o transplântio das mudas, este comportamento, como já se esperava, ocorreu durante o período

chuvoso. Coelho et al. (2005) relataram que umidades próximas a capacidade de campo faz com que a planta não sofra déficit hídrico, o que justifica a produtividade alcançada.

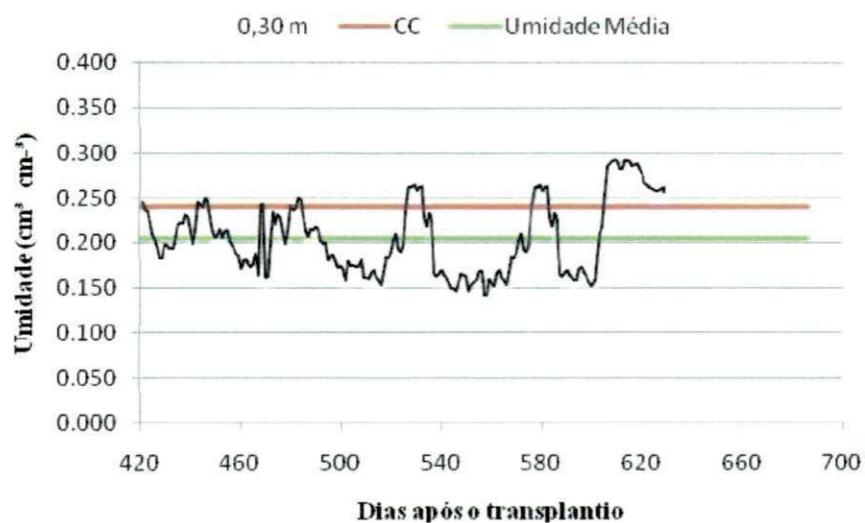


Figura 8. Variação da umidade do solo (cm³cm⁻³) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T1 (0,25*ETo) durante a condução do experimento

Para o nível de irrigação T2, os valores mínimos, médios e máximos de umidade do solo foram respectivamente: 0,206, 0,219, 0,295 cm³cm⁻³. O perfil descrito (Figura 9) mostrou que a lâmina de irrigação aplicada no tratamento T2 teve comportamento semelhante ao perfil do tratamento T1 em alguns períodos, porém, com valores maiores de umidade, mostrando a influência do aumento da quantidade de água aplicada pela irrigação, mantendo-se de forma mais constante em relação a T1 e, na maioria do período, abaixo da capacidade de campo determinada.

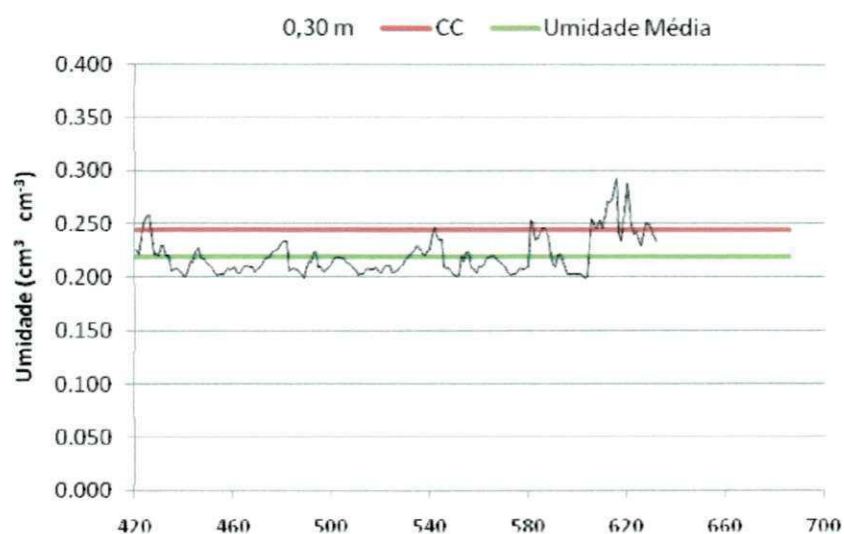


Figura 9. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T2 ($0,5*ET_0$) durante a condução do experimento

A lâmina de irrigação aplicada no tratamento T3 (Figura 10) apresentou perfil de distribuição com muitas oscilações abaixo da capacidade de campo, diferente do esperado, o que pode ser explicado pela ocorrência de problemas com a distribuição espacial no solo próximo aos tensiômetros. Os valores de umidade variaram de 0,126 a 0,313 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$, com média 0,223 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$.

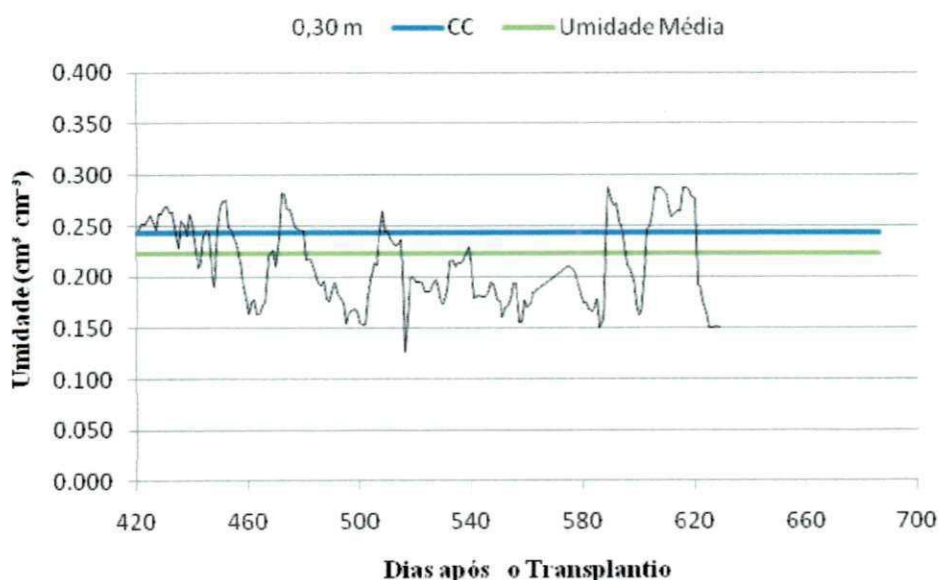


Figura 10. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T3 ($0,75*ET_0$) durante a condução do experimento

Para o tratamento T4 (Figura 11), constatou-se valores médios de umidade ($0,231 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) abaixo da capacidade de campo ($0,245 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), como era esperado em razão da

lâmina d'água aplicada ter sido superior às dos tratamentos T1, T2 e T3, o que favoreceu a manutenção da umidade do solo na área de concentração radicular próximo à umidade de capacidade de campo. A umidade do solo variou de 0,145 a 0,317 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. Como podemos observar, as leituras de umidade no solo não permaneceram uniformes. Segundo Coelho Filho et al. (2006) a distribuição de água pelo sistema deve ser avaliada, em função do espaçamento das plantas e posicionamento em que serão instalados os micros em relação à planta, o que pode ter sido alterado durante os tratos culturais.

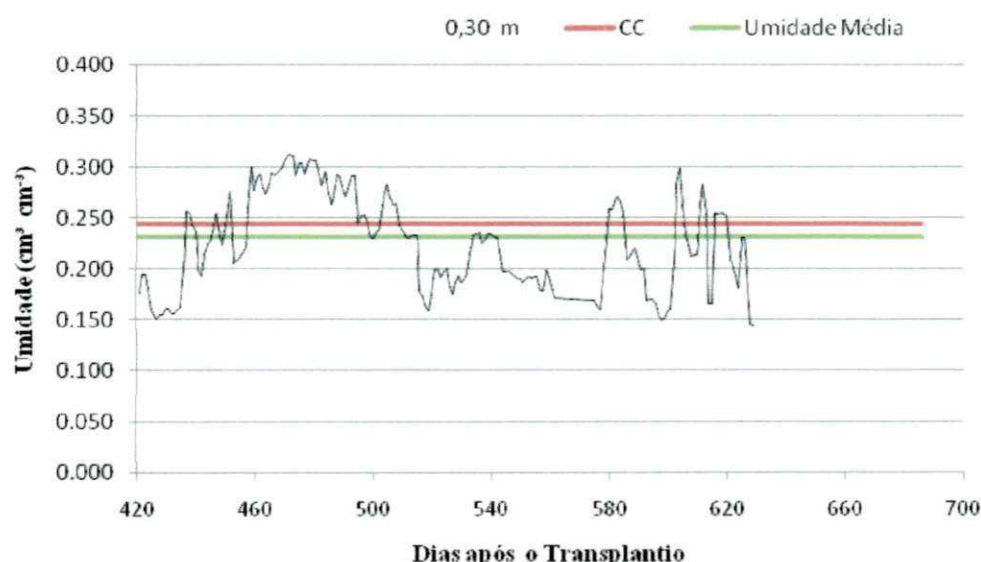


Figura 11. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T4 (1,0*ET₀) durante a condução do experimento

Com a aplicação da lâmina de irrigação no tratamento T5 (Figura 12) esperava-se que a umidade média no perfil do solo mantivesse acima da umidade na capacidade de campo de 0,2435 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$, no entanto, como pode ser observado, manteve-se ligeiramente abaixo, com valor de 0,237 $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. Esse comportamento, um pouco atípico, quando comparado com a quantidade de água aplicada e o teor médio de umidade verificado no tratamento T4, pode ser atribuído a variabilidade espacial do solo, diferenças da massa foliar das plantas desses tratamentos e/ou ainda o próprio posicionamento do microaspersor em relação às plantas e aos tensiômetros o que concorda com Coelho Filho et al. (2006) que observaram o mesmo.

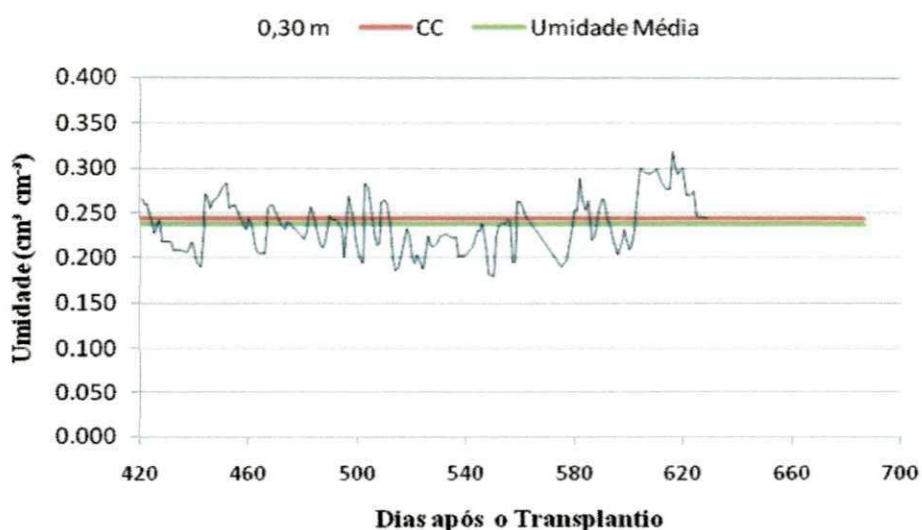


Figura 12. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T5 ($1,25*E_{To}$) durante a condução do experimento

Com a aplicação da máxima lâmina d'água equivalente a $1,5*E_{To}$ (T6), constatou-se que os teores de água do solo oscilaram de $0,322 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ à $0,181 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ e, que o teor médio de água do solo ($0,258 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$) foi superior a umidade do solo na capacidade de campo, conforme apresentado a Figura 13. Figueredo et al. (2005) detectaram diminuição na produtividade com excesso de água nas bananeiras.

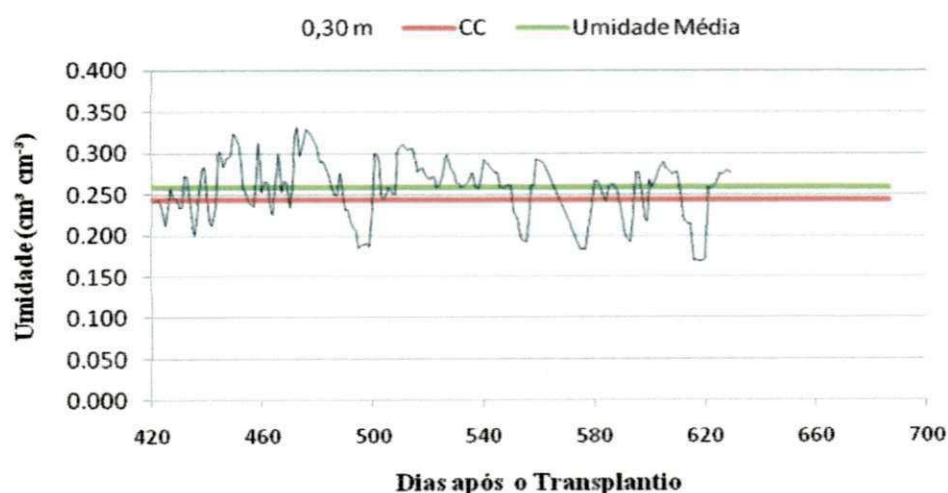


Figura 13. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,30 m para o tratamento T6 ($1,5*E_{To}$) durante a condução do experimento.

Os valores médios de umidade 0,205, 0,219, 0,223, 0,251, 0,254, 0,258 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, respectivamente, indicam que as plantas da bananeira dos níveis de irrigação T₁ e T₆ se desenvolveram, respectivamente, sob menores e maiores teores de água do solo. Dessa forma, a obtenção do desenvolvimento da planta com esses valores pode ser explicado pela contribuição do período chuvoso no acúmulo de reservas no período de desenvolvimento.

Os perfis de distribuição temporal da umidade do solo para o 2º ciclo, na profundidade de 0,50 m, descritos pelas Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19 apresentaram comportamento semelhante na oscilação e manutenção dos valores. Para todos os níveis de irrigação manteve-se abaixo da capacidade de campo que era de 0,200 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para essa profundidade.

Para o nível de irrigação T1 (Figura 14) constatou-se que a umidade do solo oscilou abaixo da umidade de capacidade de campo (0,200 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$). Como pôde ser observado apenas no período chuvoso foram observados valores acima da capacidade de campo, onde este comportamento, já era esperado. Para Coelho Filho et al. (2005) variação de umidade do solo abaixo dos 40 cm representa perdas, o que poderia estar contribuindo com a lixiviação.

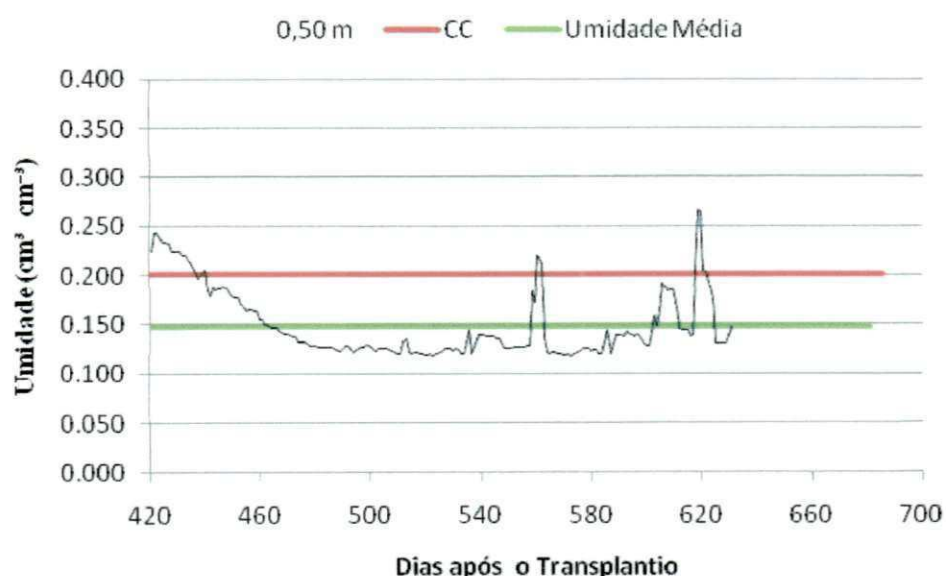


Figura 14. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T1 (0,25*ET₀) durante a condução do experimento.

Com a aplicação da lâmina de irrigação no tratamento T2 (Figura 15), observou-se que não houve picos de elevação de umidade devido ao período chuvoso. Esse comportamento um pouco atípico quando comparado com o tratamento T1, pode ser atribuído a variabilidade espacial do solo.

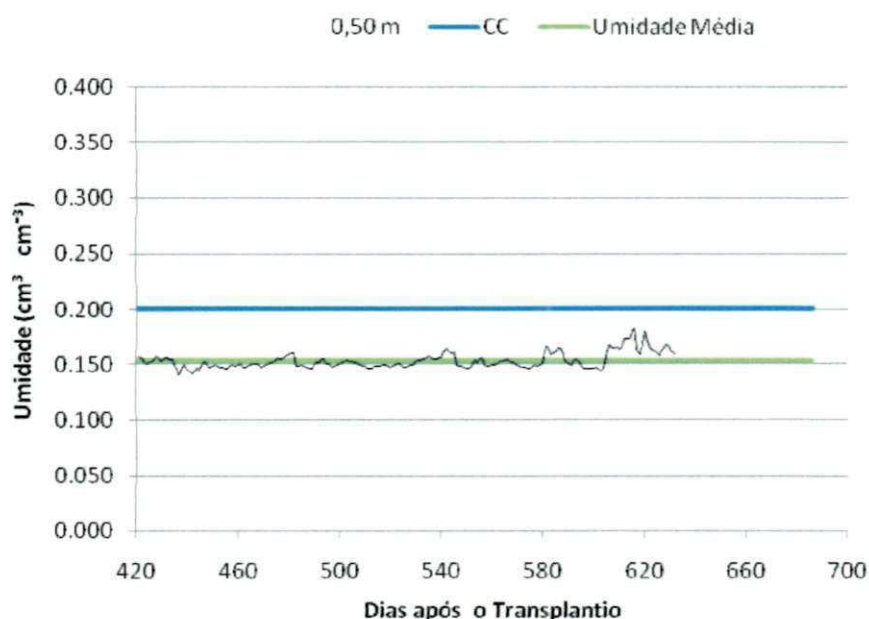


Figura 15. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T2 (0, 5*ETo) durante a condução do experimento

Com a aplicação da lâmina de irrigação no tratamento T3 (Figura 16), constatou-se que a umidade do solo oscilou abaixo da umidade de capacidade de campo ($0,200 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$), mas com uma tendência de aumento de umidade, como pode ser observado no período chuvoso

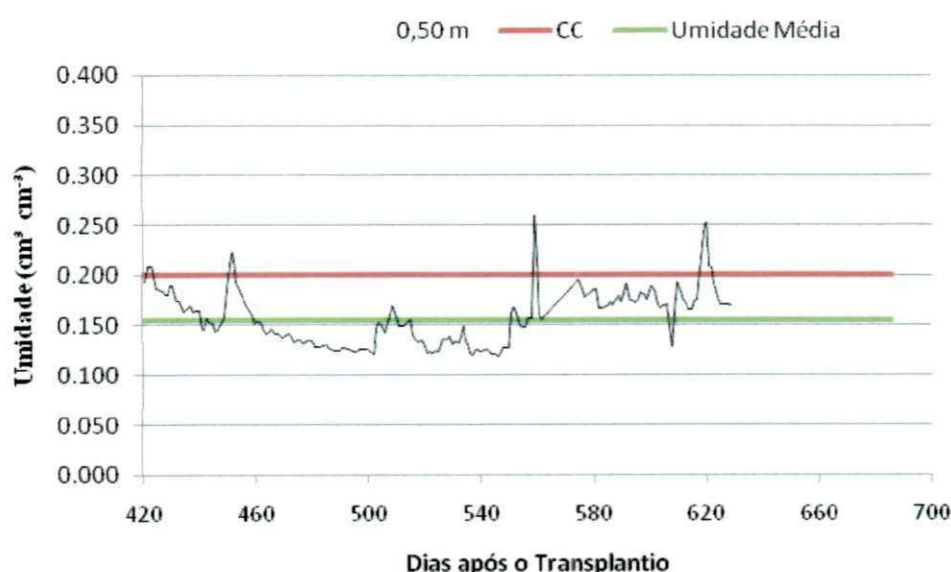


Figura 16. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T3 (0,75*ETo) durante a condução do experimento.

Com a aplicação da lâmina d'água equivalente a $1,0 \cdot ET_0$ (T4), (Figura 17) constatou-se os teores de água do solo oscilaram abaixo da capacidade de campo de $0,200 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e, que a umidade média do solo ($0,170 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) foi superior a umidade média apresentado conforme nos tratamentos T1, T2 e T3.

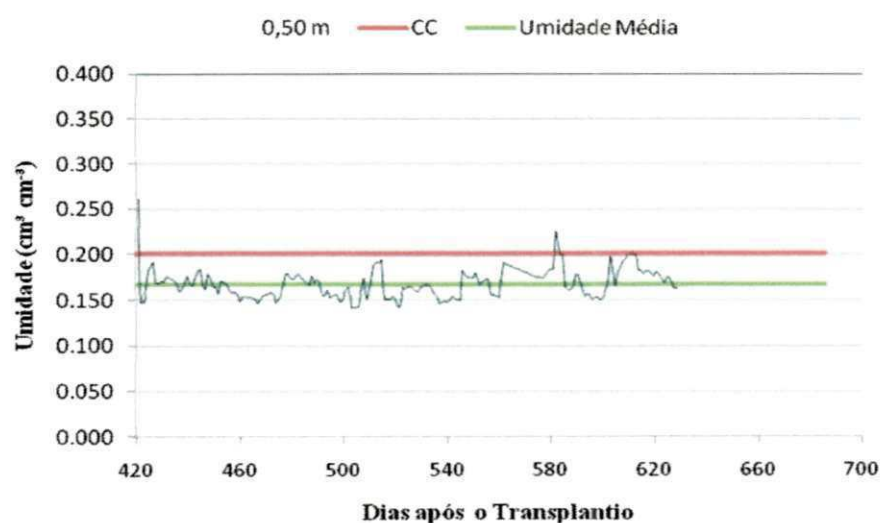


Figura17. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T4 ($1,0 \cdot ET_0$) durante a condução do experimento.

Para o nível de irrigação T5 (Figura 18) constatou-se que a umidade média do solo ($0,178 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) ainda manteve-se inferior a umidade de capacidade de campo ($0,200 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). Como pôde ser observado, apenas no período chuvoso foram observados valores acima da capacidade de campo, onde este comportamento já se esperava.

Com a aplicação da máxima lâmina d'água equivalente a $1,5 \cdot ET_0$ tratamento T6 (Figura 19) observou que a umidade média do solo ($0,187 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) permaneceu com umidade próxima a capacidade de campo ($0,200 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). Foram observados leituras de umidade bem acima da capacidade no período chuvoso.

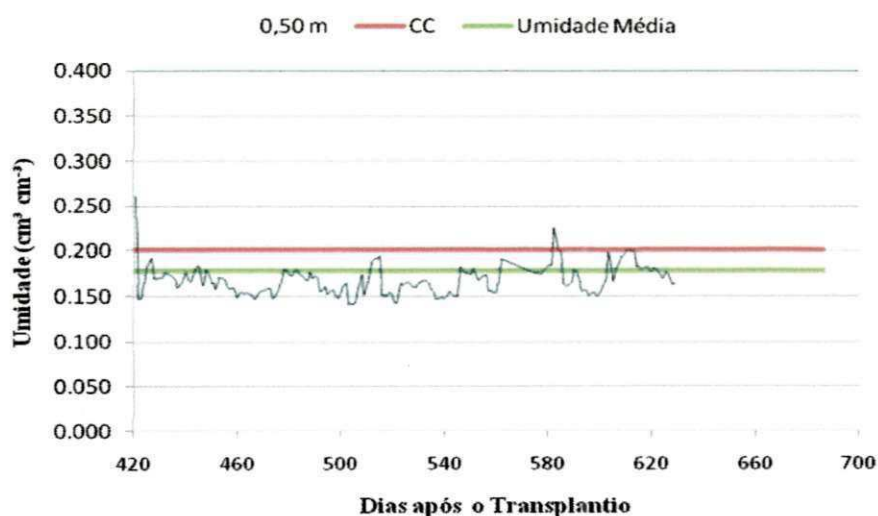


Figura 18. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T5 ($1,25 \cdot \text{ET}_0$) durante a condução do experimento.

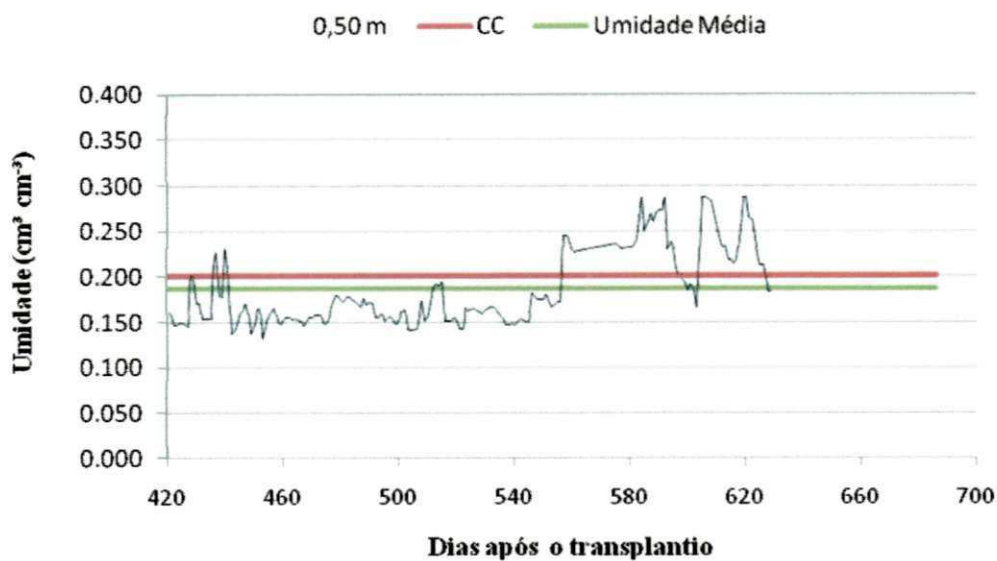


Figura 19. Variação da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na profundidade de 0,50 m para o tratamento T6 ($1,5 \cdot \text{ET}_0$) durante a condução do experimento.

5.3. Lâminas de Irrigação no Crescimento de Plantas e na Produção

5.3.1 Características morfofisiológicas de crescimento da planta

Pela análise de variância (teste F) para as características perímetro e diâmetro do pseudocaule, constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente ($P < 0,01$) nas avaliações realizadas.

Para ambas as características, as análises de regressão revelaram crescimento linear e quadrático com o incremento da irrigação (Figuras 20 e 21) nas sete épocas de avaliação. As equações das análises de regressão foram apresentadas no (Quadro 1) para o perímetro e (Quadro 2) para o diâmetro.

Para a avaliação do efeito de lâminas de irrigação sobre a característica de perímetro do pseudocaule, podemos observar um aumento linear com o incremento da lâmina de irrigação e que apenas na última época (210 DAT) os tratamentos que receberam maior volume de água não foi observado um aumento do perímetro. Para o diâmetro, podemos notar com mais evidência que o excesso de água provocou um menor crescimento do diâmetro com incremento da irrigação, no entanto foram inferiores ao encontrado por Andrade et al. (2001) que, trabalhando com a FHIA 18 no Piauí, encontraram diâmetro de 36 cm e perímetro de 113,09 cm.

Quadro 1. Equações das análises de regressão sobre a característica perímetro do pseudocaule da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas

Épocas de avaliação	Equações de regressão	Coefficiente de determinação R^2
Época 1	$P_p = -0,00001w^2 + 0,0308w + 11,018$	$R^2 = 0,68$
Época 30	$P_p = 0,0107x + 24,399$	$R^2 = 0,79$
Época 60	$P_p = 0,0136w + 29,928$	$R^2 = 0,95$
Época 90	$P_p = 0,0202w + 31,314$	$R^2 = 0,86$
Época 150	$P_p = 0,0166w + 53,468$	$R^2 = 0,77$
Época 180	$P_p = 0,011w + 73,287$	$R^2 = 0,57$
Época 210	$P_p = -0,00004 w^2 + 0,0921w + 46,355$	$R^2 = 0,62$

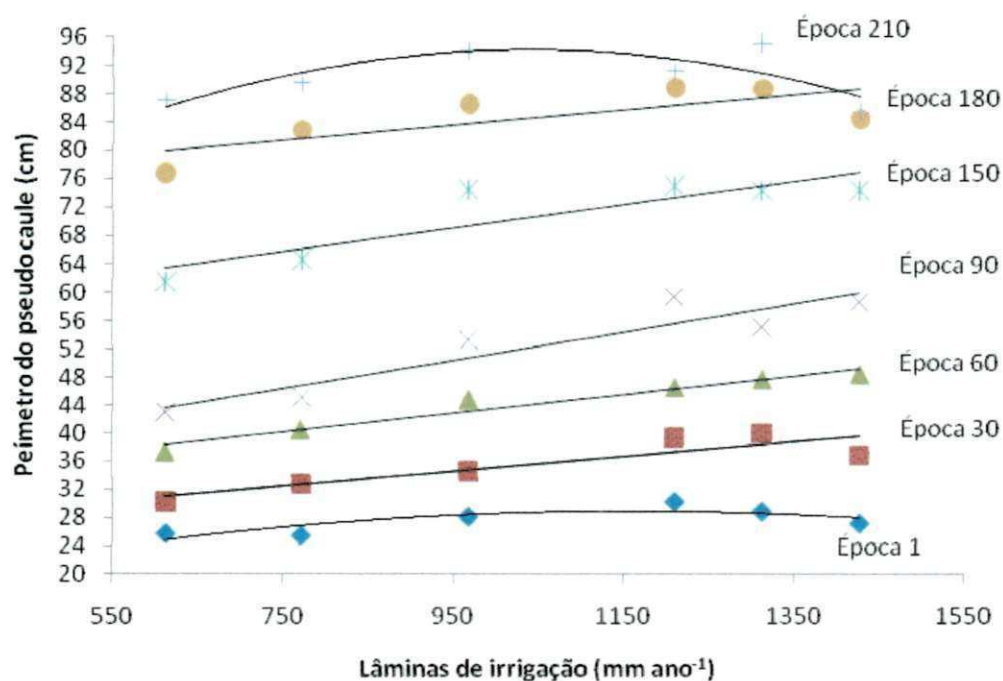


Figura 20. Efeito de lâminas de irrigação no perímetro do pseudocaule da banana nas épocas durante a condução do experimento no ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI

Quadro 2. Equações das análises de regressão sobre a característica diâmetro do pseudocaule da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas

Épocas de avaliação	Equações de regressão	Coefficiente de determinação R^2
Época 1	$Dp = -4 \times 10^{-6} w^2 + 0,0098w + 3,507$	$R^2 = 0,68$
Época 30	$Dp = -5 \times 10^{-6} w^2 + 0,0142w + 2,7302$	$R^2 = 0,88$
Época 60	$Dp = 0,0043w + 9,5264$	$R^2 = 0,95$
Época 90	$Dp = 0,0064w + 9,9675$	$R^2 = 0,86$
Época 150	$Dp = -1 \times 10^{-5} w^2 + 0,0288w + 6,0286$	$R^2 = 0,93$
Época 180	$Dp = -1 \times 10^{-5} w^2 + 0,0314w + 10,288$	$R^2 = 0,97$
Época 210	$Dp = -1 \times 10^{-5} w^2 + 0,0293x + 14,755$	$R^2 = 0,62$

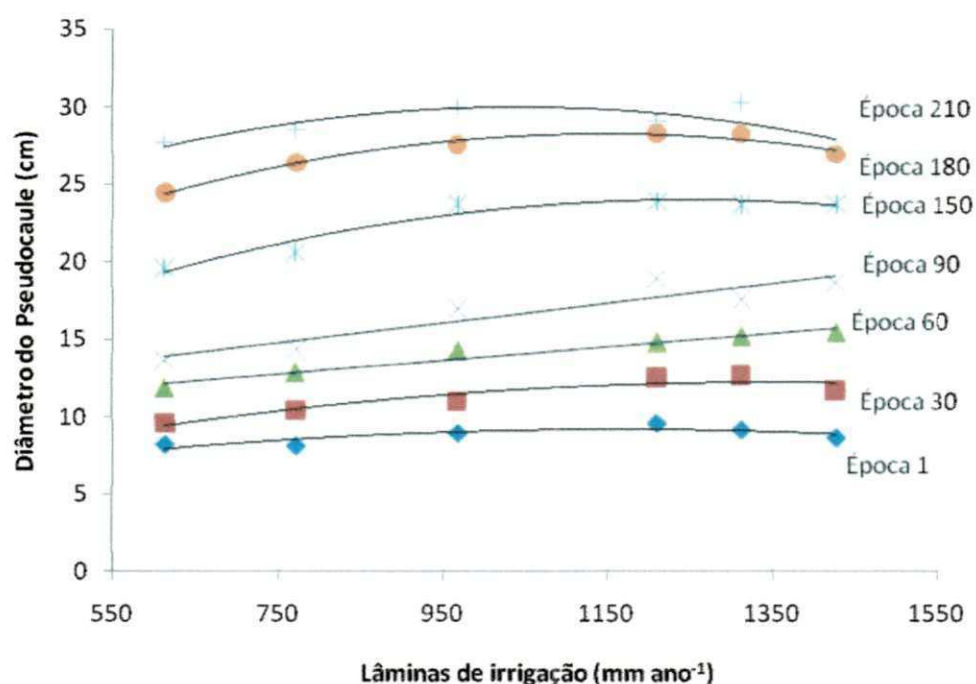


Figura 21. Efeito de lâminas de irrigação no diâmetro do pseudocaule da banana nas épocas durante a condução do experimento no ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI

Os maiores perímetros encontrados foram 91,5 e 95,3 cm para os tratamentos 100 e 125% da ETo, respectivamente sendo estes resultados próximos ao encontrados por Figueredo et al. (2005), que testando lâminas de água na banana Prata Anã, observaram perímetro do pseudocaule de 85 cm para tratamento 120% da ETo para planta filha (2º ciclo).

Pela análise de variância (teste F) para a característica altura da planta, constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente ($P < 0,01$). Para essa característica, a análise de regressão revelou efeito quadrático com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas (Figura 22) nas sete épocas de avaliação. As equações das análises de regressão foram descritas no Quadro 3.

Quadro 3. Equações das análises de regressão sobre a característica altura de planta da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas

Épocas de avaliação	Equações de regressão	Coefficiente de determinação R^2
Época 1	$Ap = -7 \times 10^{-5} w^2 + 0,1437w + 32,583$	$R^2 = 0,60$
Época 30	$Ap = 5 \times 10^{-6} w^2 + 0,0389w + 91,957$	$R^2 = 0,85$
Época 60	$Ap = -6 \times 10^{-5} w^2 + 0,1926w + 49,195$	$R^2 = 0,82$
Época 90	$Ap = -0,0002w^2 + 0,4293w - 31,354$	$R^2 = 0,97$
Época 150	$Ap = -0,0001w^2 + 0,309w + 104,5$	$R^2 = 0,94$
Época 180	$Ap = -0,0002w^2 + 0,499w + 51,759$	$R^2 = 0,77$
Época 210	$Ap = -0,0002w^2 + 0,4221w + 167,33$	$R^2 = 0,64$

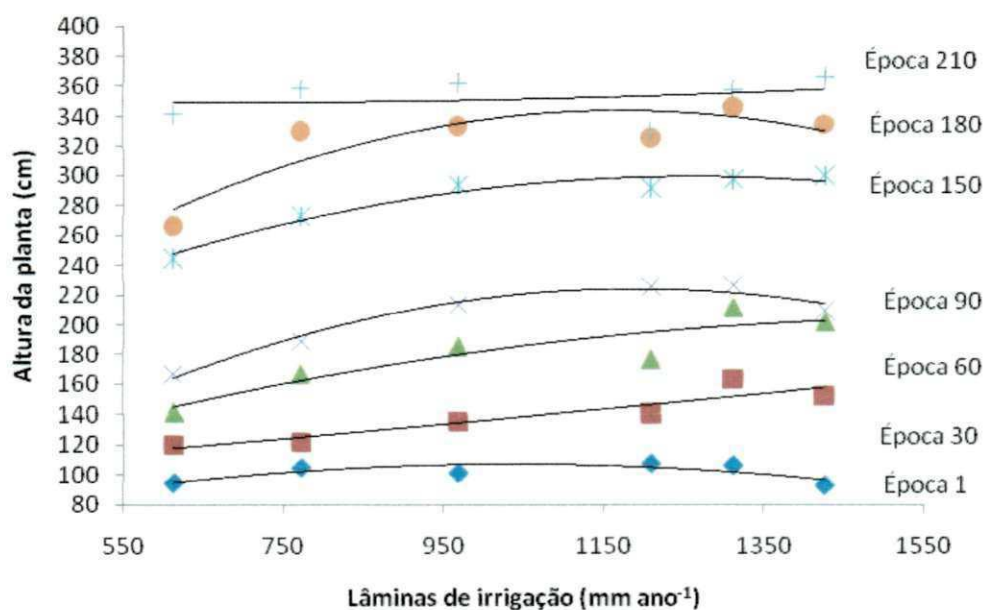


Figura 22. Efeito de lâminas de irrigação na altura das plantas da bananeira nas épocas cv. Fhia18 no segundo ciclo de produção, ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI.

Andrade et al. (2001) trabalhando com a variedade FHIA 18 para 1º ciclo encontraram para a característica altura de planta 2,39 m inferior ao encontrado neste trabalho, que foi de 3,3 m e próximos ao encontrados por Figueredo et al. (2006), que encontraram valores de altura de planta de até 2,90 m para planta filha (2º ciclo).

Podemos observar que a altura das plantas filhas são superiores aos da planta mãe devido a competição de luz, o que pode explicar os resultados de Andrade et al. (2001) que obtiveram valores baixos devido ter analisado somente o 1º ciclo da cultura.

A área foliar é um dos principais fatores determinantes da taxa de produção de biomassa de um cultivo sob um dossel. A adequada estimativa da área foliar torna-se necessária para avaliar o potencial produtivo de um genótipo em um determinado ambiente.

A avaliação do efeito de lâminas de irrigação sobre a área foliar da bananeira FHIA 18 foi feita no segundo ciclo de produção, ano de 2008, (Figura 23). Pela análise de variância para essa característica, constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente ($p < 0,05$). Na Figura 23 o maior valor de área foliar da banana FHIA 18 (1,21 m²) foram obtidos com a aplicação da lâmina d'água 967 mm ano⁻¹. Zucoloto et al. (2008) observaram para a banana Prata Anã valores máximos de área foliar de (1,27 m²) bem próximos aos deste estudo. As equações das análises de regressão foram apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Equações das análises de regressão sobre a característica área foliar da bananeira Fhia 18 em diferentes épocas

Épocas de avaliação	Equações de regressão	Coefficiente de determinação R ²
Época 1	$Af = 2 \times 10^7 w^2 + 0,0005w - 0,1426$	R ² = 0,79
Época 30	$Af = 4 \times 10^7 w^2 - 0,0005w + 0,4285$	R ² = 0,79
Época 60	$Af = 3 \times 10^7 w^2 - 0,0001w + 0,3239$	R ² = 0,92
Época 90	$Af = 7 \times 10^7 w^2 + 0,0019w - 0,4183$	R ² = 0,87
Época 150	$Af = 2 \times 10^7 w^2 + 0,0007w + 0,6871$	R ² = 0,87
Época 180	$Af = 7 \times 10^7 w^2 + 0,0014w + 0,5123$	R ² = 0,96
Época 210	$Af = 6 \times 10^7 w^2 + 0,0011w + 0,8131$	R ² = 0,64

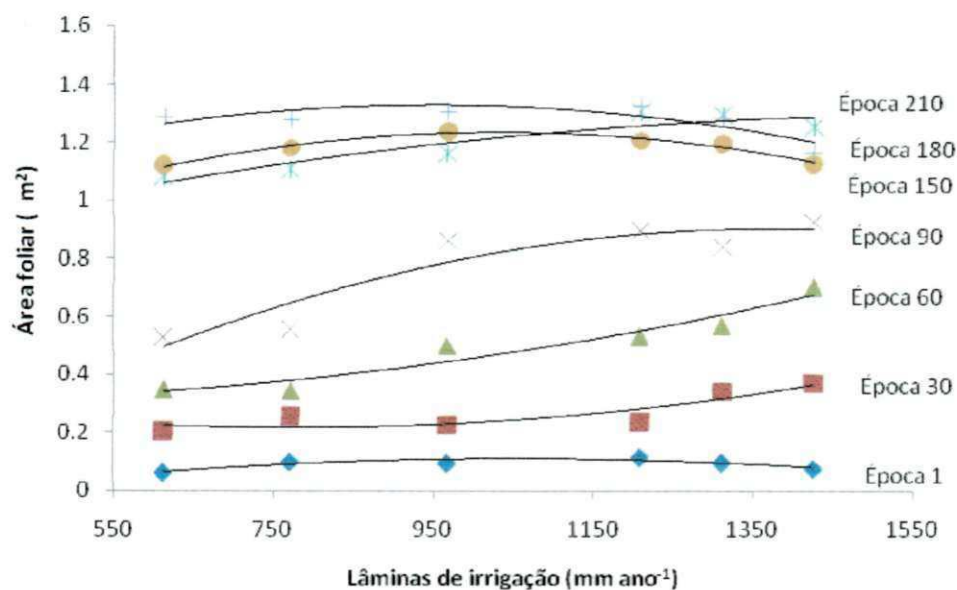


Figura 23. Efeito de lâminas de irrigação na área foliar da banana cv. Fhia18 no segundo ciclo de produção, ano 2008 em Santa Rosa do Piauí, PI.

5.3.2 Características de produção das plantas

A avaliação do efeito de lâminas de irrigação sobre as características de produção da bananeira FHIA 18 foi feita em dois ciclos de produção, anos de 2008 e 2009 (Tabelas 10 e 11). Pela análise de variância para essas características, constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente: o número de pencas por cacho ($p < 0,01$), o peso médio de banana ($p < 0,01$), o peso de casca ($p < 0,05$) e o peso de polpa ($p < 0,05$) para o ciclo de produção 2008 (Tabela 12); e, a produtividade ($p < 0,01$), o peso de cacho ($p < 0,05$), o número de pencas ($p < 0,01$), peso médio de penca ($p < 0,01$), o peso médio de casca ($p < 0,05$) e o peso médio de polpa ($p < 0,05$) para o ciclo de 2009 (Tabela 13). Pela análise de regressão constatou-se efeito quadrático das lâminas de irrigação sobre essas características avaliadas nos dois ciclos de produção da bananeira FHIA 18.

Tabela 10. Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características de produção da bananeira - 2º ciclo

Parâmetros	r ²	CV	Média	Níveis de significância
Produtividade (t ha ⁻¹)	0,68	14,80	21,77	Ns
Peso do cacho (kg)	0,50	14,82	19,70	Ns
Número de pencas (nº)	0,86	9,98	9,025	**
Nº de banana por penca (nº)	0,70	5,36	14,27	Ns
Peso de penca	0,63	16,85	2,28	Ns
Peso médio de banana (g)	0,46	15,18	158,58	**
Peso médio da casca	0,83	17,36	51,78	*
Peso da polpa	0,59	17,64	106,79	*
Sólidos solúveis totais	0,75	10,55	17,34	ns
Ph	0,46	3,34	5,00	ns
Acidez total titulável (%)	0,50	13,94	0,39	ns
SST/ATT	0,73	14,76	43,76	ns
Comprimento de banana (cm)	0,62	6,59	14,58	ns
Diâmetro de banana (cm)	0,57	7,346	3,85	ns

* significativo (P< 0,05); ** significativo (P< 0,01); ns não significativo, CV coeficiente de variação

Tabela 11. Resumo da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características de produção da bananeira - 3º ciclo

Parâmetros	r ²	CV	Média	Níveis de Significância
Produtividade (t ha ⁻¹)	0,750	10,10	28,01	ns
Peso do cacho (kg planta ⁻¹)	0,610	16,44	25,10	ns
Número de pencas (nº por cacho)	0,750	9,83	8,46	ns
Nº de banana por penca (nº)	0,764	2,75	14,96	ns
Peso de penca kg	0,470	10,94	2,46	ns
Peso médio de banana (g)	0,660	8,49	169,72	ns
Peso médio da casca (g)	0,688	9,74	51,92	ns
Peso médio da polpa	0,584	13,96	118,00	ns
Sólidos solúveis totais (°Brix)	0,570	5,65	19,32	ns
pH	0,200	4,10	4,55	ns
Acidez total titulável (%)	0,490	13,60	0,55	ns
SST/ATT	0,290	11,83	35,21	ns
Comprimento de banana (cm)	0,580	23,25	11,61	ns
Diâmetro de banana (cm)	0,520	19,19	3,32	ns

ns não significativo CV – coeficientes de variação

Tabela 12. Valores médios de características de produção e de crescimento da bananeira - 2º ciclo sob diferentes lâminas de irrigação

Parâmetros	Lâminas efetivas (mm)					
	612,35 (T1)	771,16 (T2)	967,4 (T3)	1209,05 (T4)	1311,48 (T5)	1426,35 (T6)
Produtividade (t ha ⁻¹)	19,34	20,64	22,33	25,96	24,53	25,76
Peso do cacho (kg planta ⁻¹)	17,41	1,58	20,10	23,37	22,08	23,18
Nº de pencas (nº por cacho)	8,16	8,61	9,30	8,96	8,82	9,93
Nº de banana por penca (nº)	14,04	14,18	13,94	15,00	14,42	14,74
Peso de penca kg	1,84	2,27	2,26	2,53	2,50	2,31
Peso médio de banana (g)	131,41	158,99	161,5	169,34	173,70	156,53
Peso médio da casca (g)	44,34	53,57	51,68	54,04	58,00	49,15
Peso médio da polpa	87,07	105,42	109,82	115,33	115,7	107,38
Sólidos solúveis totais	17,18	18,03	16,33	17,61	17,36	17,01
Ph	5,17	4,92	5,11	4,98	4,88	4,94
Acidez total titulável (%)	0,34	0,40	0,39	0,40	0,43	0,41
SST/ATT	52,92	43,52	41,8	44,52	39,95	44,07
Comprimento de banana (cm)	14,18	15,26	13,63	14,66	15,55	14,24
Diâmetro de banana (cm)	3,35	3,99	3,66	3,99	4,08	4,03

Tabela 13. Valores médios de características de produção e de crescimento da bananeira - 3º ciclo sob diferentes lâminas de irrigação

Parâmetros	Lâminas efetivas (mm)					
	515,6 (T1)	649,8 (T2)	817,23 (T3)	1019,4 (T4)	1106,3 (T5)	1203,6 (T6)
Produtividade (t ha ⁻¹)	24,66	26,75	27,81	31,11	30,24	24,32
Peso do cacho (kg planta ⁻¹)	22,20	24,08	25,03	28,07	27,22	21,89
Nº de pencas (nº por cacho)	8,87	6,62	9,26	9,70	8,32	8,46
Nº de banana por penca (nº)	14,92	14,77	14,8	15,64	14,67	14,85
Peso de penca kg	2,44	2,69	2,56	2,53	2,49	2,35
Peso médio de banana (g)	150,67	182,5	175,10	163,07	186,61	158,49
Peso médio da casca (g)	52,86	60,59	52,14	49,59	47,90	48,66
Peso médio da polpa	97,80	121,9	122,06	113,48	138,71	109,83
Sólidos solúveis totais	19,03	19,40	18,52	18,95	18,84	19,53
Ph	4,48	4,51	4,67	4,63	4,56	4,56
Acidez total titulável (%)	0,54	0,61	0,44	0,54	0,54	0,55
SST/ATT	35,54	35,20	41,5	35,37	35,72	36,20
Comprimento de banana (cm)	12,09	14,37	10,05	10,72	11,29	8,88
Diâmetro de banana (cm)	3,35	3,40	3,37	3,34	3,38	2,75

Para a produtividade da banana no ciclo de produção 2009 (Figura 24A) o valor máximo de produtividade (30.051,7 kg ha⁻¹) foi obtido com a aplicação de 903,12 mm ano⁻¹ de água. Para o ciclo de 2008 (Figura 24B), o máximo valor de produtividade (26595,11 kg ha⁻¹) foi menor que em 2009, e obtido com a aplicação de 1838 mm ano⁻¹. A produtividade

obtida neste trabalho é 40% inferior ao potencial máximo desta cultivar que é de 50 t ha⁻¹ quando cultivada em boas condições de manejo (EMBRAPA, 2001), mas está próximo dos resultados encontrado por Andrade et al. (2001), que testando vários genótipos no Piauí, dentre eles a cultivar FHIA 18, encontraram produtividades de 28,6 t ha⁻¹.

Figueredo et al. (2005) trabalhando com lâminas de água na bananeira Prata Anã encontrou valor máximo de produtividade para o 2º ciclo de 28,73 t ha⁻¹ para o tratamento 120% da ETo.

Quanto a necessidade hídrica da bananeira, estima-se que o consumo anual de água seja de 1.000 a 3.430 mm (LIMA e MEIRELLES, 1986). De acordo com Doorembos e Kassam (1994), as necessidades hídricas anuais para a cultura variam de 1.200 mm, nos trópicos úmidos, a 2.200 mm, nos trópicos secos. Dessa forma, os valores de consumo de água observados neste trabalho estão abaixo da faixa estabelecidas por estes autores.

Para o peso médio de cacho de banana (Figura 25A) no ciclo de produção 2009, verificou-se que o máximo valor (24,98 kg) foi obtido com a aplicação de uma lâmina d'água de 842,5 mm ano⁻¹. Para o ciclo de 2008, a análise de regressão (Figura 25B) mostrou um bom reajuste, o máximo valor para peso médio de cacho (22,47 kg) foi menor que em 2009, e obtido com a aplicação de (1660 mm ano⁻¹). Nota-se que houve um desperdício de água em comparação com 3º ciclo que com uma menor lâmina obteve-se um peso médio de cacho maior.

Andrade et al. (2001) testando vários genótipos no Piauí, dentre eles a cultivar FHIA 18, encontraram para peso médio de cacho o valor máximo de 17,26 kg, para 1º ciclo. Rodrigues, Souto e João (2002), estudando a produção da banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais encontrou para peso de cacho valores máximos de 15,04 kg para o 2º ciclo, e 20,82 kg no 3º ciclo, valores esses muito abaixo do encontrado neste trabalho.

Santos et al. (2006a), estudando várias cultivares no Sudoeste Goiano, dentre elas a FHIA 18, FHIA 01 e FHIA 21 encontraram resultados para peso de cacho de 18,41, 20,86 e 11,43 kg, para o 2º ciclo, os quais estão próximos aos encontrados nesse estudo.

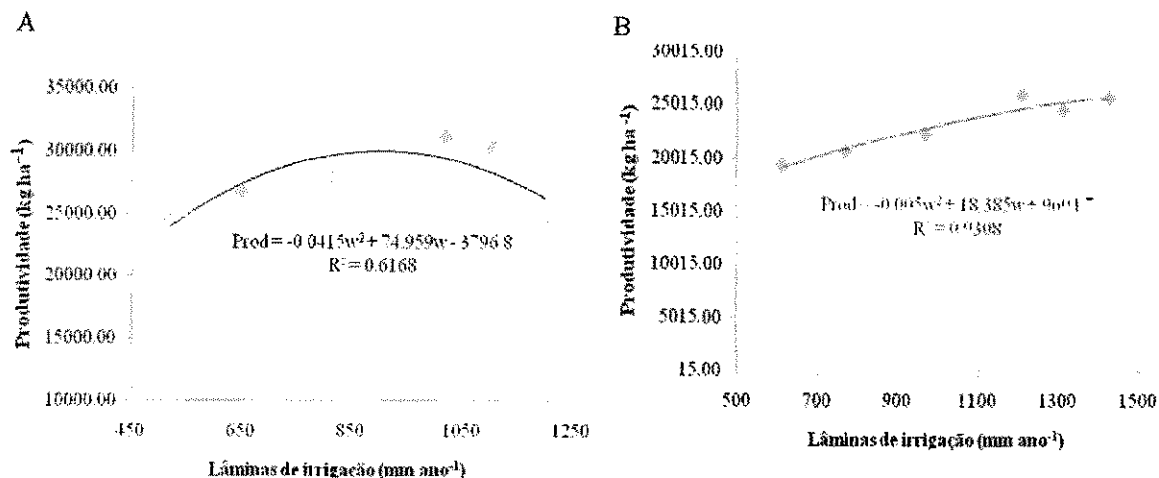


Figura 24. Efeito de lâminas de irrigação na produtividade da bananeira cv. FHIA 18 no terceiro ciclo (2009) – A e segundo ciclo (2008) – B de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.

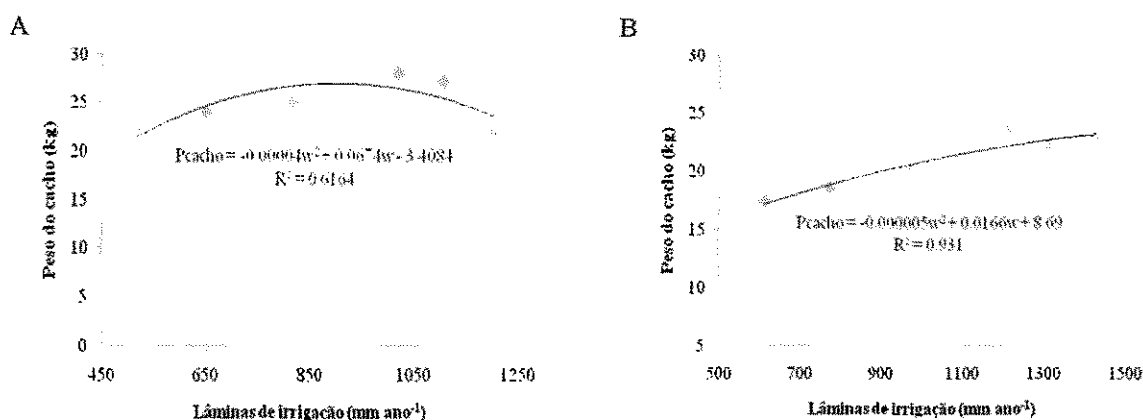


Figura 25. Efeito de lâminas de irrigação no peso médio de cacho de banana cv. FHIA18 no terceiro ciclo (2009) – A e segundo ciclo (2008) – B de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.

Para a característica número de penca por cacho não houve efeito significativo no ciclo de produção de 2008 ($r^2 = 0,59$), e para 2009 ($r^2 = 0,08$).

Paras as características peso de penca por cacho, a análise de variância não constatou efeito significativo para ambos os ciclos. A análise de regressão mostrou um ajuste para 2º ciclo ($r^2 = 0,87$), em que o peso máximo de pencas de banana (3,03 kg de penca por cacho) foi obtido com a aplicação de uma lâmina d'água de 1166,66 mm ano⁻¹ (Figura 26B); enquanto que no 3º ciclo a análise de regressão mostrou um ajuste de ($r^2 = 0,74$) com peso máximo de (2,46 kg de penca por cacho) com a aplicação de uma lâmina d'água de 675 mm ano⁻¹ (Figura 26A).

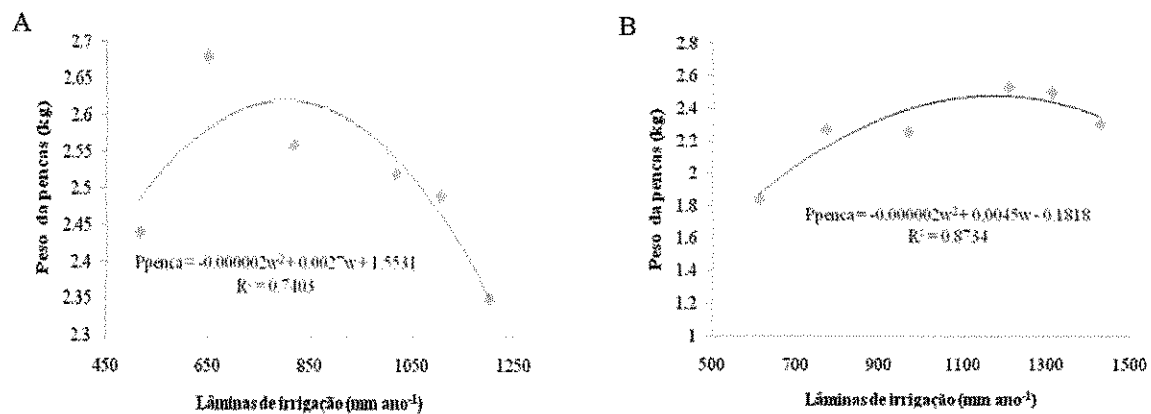


Figura 26. Efeito de lâminas de irrigação no peso de pencas de banana por cacho, cv. FHIA 18 no terceiro ciclo (2009) - A e segundo ciclo (2008) – B de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.

Andrade et al.(2001), estudando a cultivar FHIA 18, encontrou para peso de pencas de banana por cacho o valor máximo de 2,17 kg, somente para 1º ciclo. Para Rodrigues et al.(2002), estudando a produção da banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais encontrou para número de pencas de banana por cacho valores máximos de (1,55 kg) para 2º ciclo, e (1,75 kg) para o 3º ciclo, valores esses bem abaixo deste trabalho.

Santos et al. (2006a), estudando várias cultivares no Sudoeste Goiano entre elas a FHIA 18, FHIA 01 e FHIA 21, encontraram resultados para peso de penca por cacho de 1,92, 2,23 e 1,87 kg, para o 2º ciclo, para o 3º ciclo foi encontrado valores de 1,77, 1,95 e 1,71 kg respectivamente, esses resultado estão abaixo dos encontrados nesse estudo.

Pela Figura 27 o maior valor de peso médio de banana FHIA 18 (171,02 g) para o ciclo 2008 e foi obtido com a aplicação da respectiva lâmina d'água 1133,09 mm ano⁻¹. Para o ciclo de 2009, pela análise de regressão, não houve efeito significativo.

Para Andrade et al.(2001), estudando a cultivar FHIA 18, encontrou para peso médio da banana o valor máximo de 150 g, somente para 1º ciclo. Para Rodrigues et al. (2002) determinaram a produção da banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais e, encontrou para peso médio da banana, valores máximos de (109,66 g) para 2º ciclo, e (108,6) para o 3º ciclo, valores esses bem abaixo deste estudo.

Santos et al. (2006a), estudando várias cultivares no Sudoeste Goiano entre elas a FHIA 18, FHIA 01 e FHIA 21 encontrou resultados para peso médio da banana de 125,4, 146 e 132,2 g, para o 2º ciclo, esses resultado estão abaixo aos encontrados nesse estudo. Para o 3º ciclo foi encontrado valores de 137,7, 154,08 e 176,6 g respectivamente.

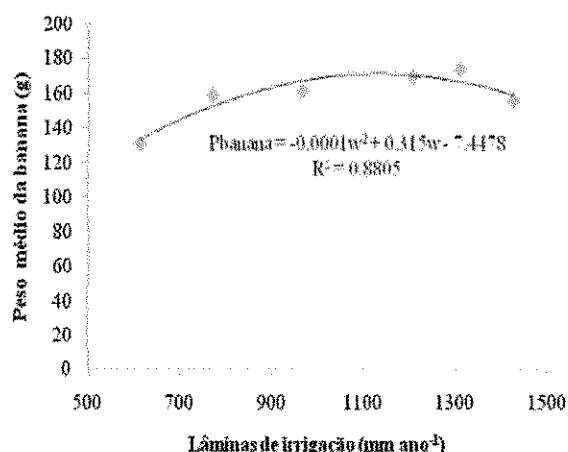


Figura 27. Efeito de lâminas de irrigação no peso médio de banana cv. FHIA18 no segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.

Para peso médio de casca e polpa, a análise de variância não constatou efeito significativo para ambos os ciclos. A análise de regressão mostrou um ajuste para 2º ciclo ($r^2 = 0,62$) e ($r^2=0,95$) respectivamente para peso médio de casca e polpa. De acordo com a Figura 28A os máximos valores de peso médio de casca da banana FHIA 18 (57,88 g) para o ciclo 2008, foram obtidos com a lâmina de 1167,5 mm e na Figura 28B os máximos valores de peso médio de polpa para o ciclo 2008 de (111,47 g), foram obtidos com 1108 mm. Esses valores estão acima dos encontrados por Botelho et al. (2001), que encontraram 52,65 e 96,9 g respectivamente, trabalhando com a mesma variedade no Estado do Piauí.

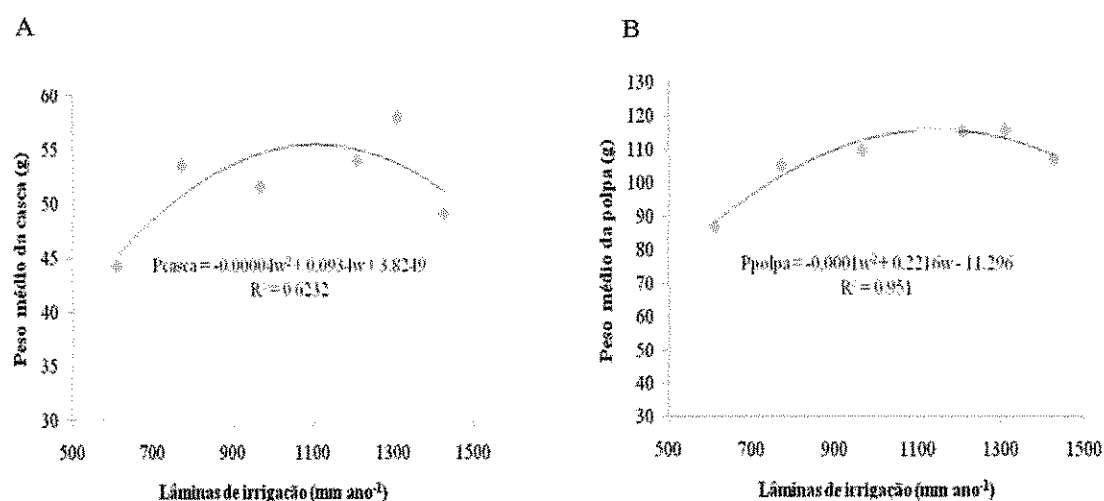


Figura 28. Efeito de lâminas de irrigação no peso médio da casca (A) e da polpa (B) cv. FHIA18 no segundo ciclo (2008) de produção, Santa Rosa do Piauí, PI.

5.4. Evapotranspiração da Cultura (ETc) e Coeficiente de Cultivo (Kc)

Os valores da evapotranspiração da cultura (ETc) determinados pelo balanço hídrico da cultura (Tabela 14) tem pouca variação em relação à evapotranspiração de referência (ETo).

Tabela 14. Evapotranspiração de referência (ETo) e da cultura (ETc) da bananeira FHIA 18 e o desvio padrão (σ) no período vegetativo até início da colheita

DAT	ETo (mm dia ⁻¹)				ETc (mm dia ⁻¹)			
	Maior	Menor	Média	σ	Maior	Menor	Média	σ
424 – 486	3,91	1,66	2,47	0,43	4,61	1,53	2,64	0,57
487 – 547	4,72	2,18	3,62	0,58	8,57	1,99	3,57	1,03
548 – 608	5,51	1,45	3,60	0,96	9,56	1,18	3,82	1,44
609 – 647	2,91	0,44	2,06	0,55	2,67	0,94	2,05	0,45

Nota-se que a evapotranspiração da bananeira variou entre um valor mínimo de 0,94 mm d⁻¹, até um valor máximo de 9,56 mm d⁻¹, durante o estágio de desenvolvimento e florescimento dos frutos do 2º ciclo. O valor da ETc mínimo observado neste trabalho está abaixo daquele obtido por Teixeira et al. (2002), em Petrolina, que obtiveram 1,7 mm d⁻¹. Contudo, o valor máximo da ETc nas condições de Petrolina, atingiu 6,3 mm d⁻¹, no período de colheita do segundo ciclo, no qual ficou bem abaixo desse trabalho.

5.4.1. Eficiência do uso da água

Comparando-se os valores de produtividade obtidos nos tratamentos no 2º ciclo de 19,34, 20,64, 22,33, 25,96, 24,53, 25,76 t ha⁻¹ com seus respectivos volumes de água 6.123, 7.711, 12.090, 13.114, 14.263 m³ ha⁻¹, pode-se observar que a eficiência de uso da água de 3,16, 2,67, 2,30, 2,14, 1,87 e 1,80 Kg fruto⁻¹ m⁻³ água, para os respectivos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, dessa forma, o melhor aproveitamento da água foi para os tratamentos 25% da ETo. Para o 3º ciclo foram encontrados valores superiores ao 2º ciclo 4,78, 4,11, 3,4, 3,05, 2,73, 2,02 Kg fruto⁻¹ m⁻³ água, isso pode ser explicado pelas altas produtividades, no entanto podemos observar a mesma tendência de menores lâminas proporcionaram maior eficiência de uso da água.

Nos ciclos das plantas filha e neta, os aumentos da lâmina de irrigação proporcionaram uma redução da EUA, pois, as plantas dos tratamentos que receberam as menores lâminas otimizaram o uso da água. Essa mesma tendência foi observada por Azevedo et al. 2008, no

qual afirmaram que a maior eficiência do uso da água foi obtida com a menor aplicação de água e por outro lado, a maior lâmina aplicada resultou na menor eficiência.

Entretanto Figueredo et al. (2005), trabalhando a banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais encontraram valores de EUA de 3,58 kg fruto.m⁻³ para planta filha, valores muito próximo aos encontrados nesse trabalho, no entanto para 120% da ETo, o que não foi observado para este estudo.

5.4.2. Coeficiente de cultivo

Na Tabela 15 são apresentados os coeficientes de cultivo médios para as fases de desenvolvimento da bananeira. Verifica-se que os valores de Kc nas fases não se assemelham aos obtidos por Bassoi et al. (2001), que trabalhando com a cultivar Pacovan e utilizando o método do balanço hídrico do solo, na região de Petrolina-PE, encontraram valores médios de 1,1 para a fase vegetativa e 0,90 para a fase de floração / frutificação. Montenegro et al. (2008), trabalhando com a mesma cultivar e o mesmo método de determinação da ETc, na região de Paraipaba - CE, obteve valores bem próximos de Kc: 0,86 fase vegetativa e 1,00 para a fase de floração / frutificação, no segundo ano de cultivo. Allen et al. (1998) recomendam para a bananeira o uso de valores de Kc de 1,00 e 1,20 para o segundo ano de cultivo.

Tabela 15. Valores médios de coeficientes de cultivo para os estádios de desenvolvimento da bananeira, observados em Santa Rosa do Piauí - PI

Dias após o Transplântio	Estádio fenológico	Kc	Kc único
	Planta filha	Planta filha	planta filha
424 – 530	Ciclo vegetativo	0,80	0,915
531 – 632	Ciclo produtivo	1,03	

A FAO recomenda valor de Kc único para as plantas filhas da bananeira de 0,92 valores idêntico aos encontrado por esse estudo, contudo, Figueredo et al. (2006) encontraram valores para Kc único para planta filha de 0,97, onde esses estão bem próximos desse estudo.

5.5. Qualidade de Água de Irrigação do Efluente da Piscicultura

Durante o período de cultivo dos peixes, foram aplicadas lâminas de água do efluente da piscicultura, de acordo com os tratamentos, foram determinadas as concentrações de cátions e ânions para o 2º ciclo (Tabela 16) e para 3º ciclo (Tabela 17).

Tabela 16. Valores médios de concentração de cátions e ânions do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada de Santa Rosa do Piauí /CODEVASF (2º ciclo)

Mês	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺²	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻
mmol _e dm ³ (2º ciclo)							
Nov	0,16	1,25	1,10	2,84	0,48	0,16	1,90
Dez	0,20	1,20	1,01	2,08	0,45	0,0	1,98
Jan	0,21	1,15	0,96	1,4	0,48	0,0	0,4
Fev	0,45	1,38	1,41	0,35	0,5	0,0	0,37
Mar	0,57	1,42	1,51	0,33	0,51	0,0	0,4
Média/σ	0,29±0,17	1,27±0,11	1,18±0,22	1,4±0,98	0,45±0,08	0,02±0,07	0,87±0,83

σ desvio padrão

Tabela 17. Valores médios de concentração de cátions e ânions do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada de Santa Rosa do Piauí /CODEVASF (3º ciclo)

Mês	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺²	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻
mmol _e dm ³ 3º ciclo							
Nov	0,14	1,23	1,15	2,82	0,46	0,16	1,95
Dez	0,18	1,18	1,06	2,06	0,43	0,0	2,03
Jan	0,19	1,13	1,01	1,38	0,46	0,0	0,45
Fev	0,43	1,36	1,46	0,33	0,48	0,0	0,42
Mar	0,55	1,4	1,56	0,31	0,49	0,0	0,45
Média/σ	0,27±0,17	1,24±0,1	1,23±0,2	1,37±0,9	0,43±0,08	0,02±0,07	0,92±0,83

σ desvio padrão

Os valores da concentração dos compostos nitrogenados e fosfatados, pH e condutividade elétrica - CE do efluente da piscicultura utilizado na irrigação dos 2º e 3º ciclos da bananeira estão descritos nas tabelas 18 e 19, respectivamente.

Tabela 18. Valores médios de concentração de compostos nitrogenados e fosfatados, pH e CE do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira no 2º ciclo do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada da CODEVASF - Santa Rosa do Piauí, 2008

Mês	Nitrito	Nitrato	Amônia	N total	Ortofosfato	pH	CE
							dS m ⁻¹
Mg L ⁻¹							
Nov	0,03	0,08	1,40	1,5	0,51	8,28	0,38
Dez	0,02	0,05	1,85	1,92	0,34	7,77	0,39
Jan	0,06	0,07	1,48	1,62	0,51	7,63	0,35
Fev	0,08	0,09	1,88	2,05	0,45	7,55	0,37
Mar	0,06	0,07	2,01	2,14	0,56	7,61	0,3
Média/	0,05	0,07	1,72	1,84	0,47	7,76	0,35
σ	±0,02	±0,01	±0,27	±0,28	±0,08	±0,3	±0,04

σ desvio padrão

Tabela 19. Valores médios de concentração de compostos nitrogenados e fosfatados, pH e CE do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira no 3º ciclo do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada da CODEVASF - Santa Rosa do Piauí, 2009

Mês	Nitrito	Nitrato	Amônia	N total	Ortofosfato	pH	CE
							dS m ⁻¹
mg L ⁻¹							
Nov	0,02	0,1	1,13	1,44	0,45	7,9	0,33
Dez	0,01	0,07	1,78	1,86	0,28	7,7	0,37
Jan	0,05	0,09	1,41	1,56	0,54	7,6	0,30
Fev	0,07	0,11	1,81	1,99	0,48	7,5	0,35
Mar	0,05	0,09	1,94	2,08	0,5	7,6	0,25
Média/	0,04	0,09	1,61	1,78	0,45	7,6	0,32
σ	±0,02	±0,01	±0,33	±0,28	±0,10	±0,15	±0,05

σ desvio padrão

Em relação aos compostos nitrogenados encontraram-se valores crescentes para ambos os ciclos. Quando se compara os resultados desse estudo com os de Santos (2009), os valores de nitrito (0,1 mg L⁻¹) ficaram bem acima dos encontrados, já os valores de amônia (0,06 mg L⁻¹) e N total (1,21 mg L⁻¹) ficaram muito abaixo dos encontrados no presente trabalho.

O menor valor de nitrato foi de 0,05 e 0,07 mg L⁻¹, e o maior foi de 0,09 e 0,11 mg L⁻¹, respectivamente para o 2º e 3º ciclo. Arana (2004) menciona que as concentrações médias padrão do nitrato da água observadas em aquicultura ficam entre 0 e 3 mg L⁻¹. Santos (2009)

encontrou valores mínimos de $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ e o máximo de $3,74 \text{ mg L}^{-1}$. Miranda et al. (2007) trabalhando com efluente da carcinicultura encontrou resultados bem acima para todos os compostos nitrogenados, o que pode ser explicado pela espécie cultivada.

Para os valores de ortofosfato, pH e CE não foi observado um crescimento, tendo uma pequena variação desordenada para ambos os ciclos. Comparando com Santos (2009), os valores do pH (7,43) e CE ($0,25 \text{ dS m}^{-1}$) estão próximos deste trabalho.

Os teores de ortofosfato ficaram entre $0,34$ e $0,56 \text{ mg L}^{-1}$ (2º ciclo), sendo este o maior valor registrado no período da despesca. Zimmermann e Fitzsimmons (2004) trabalhando com tilápias em altas densidades, em tanques com recirculação, encontraram valores de fosfato da ordem de 53 mg L^{-1} , bem superiores aos do presente estudo. De outro lado, Boyd (2001) relata, como uma variação aceitável em viveiros de aquicultura, valores de fosfato entre $0,005$ e $0,20 \text{ mg L}^{-1}$. Ainda de acordo com Boyd, (2001), nos viveiros onde é utilizada alimentação artificial, parte do fósforo contido no alimento não é assimilada pelas espécies cultivadas e permanece na água, servindo para estimular a produção de fitoplâncton.

Santos (2009) encontrou valores de ortofosfato na água para tilápias que variaram entre $0,02$ a $0,36 \text{ mg L}^{-1}$, muito próximo do encontrado neste trabalho.

O incremento no ortofosfato, assim como nos compostos nitrogenados, pode ser atribuído ao incremento na quantidade de ração fornecida aos tanques de acordo com a biomassa.

Calculando as concentrações de nitrogênio na água (mg L^{-1}) para as plantas (g planta^{-1}) para cada tratamento observa-se uma maior concentração desse elemento para os tratamentos que receberam maior volume d'água. Os teores de nitrogênio e fósforo foram descritos separadamente nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 20. Quantidade do nutriente nitrogênio (g planta^{-1}) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, aplicado via irrigação para o 2º ciclo

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nitrogênio (g planta^{-1})					
Nov	0,86	1,73	2,59	3,46	4,32	5,18
Dez	0,79	1,59	2,38	3,18	3,97	4,76
Jan	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60
Fev	0,70	1,39	2,09	2,78	3,48	4,17
Mar	0,59	1,18	1,76	2,35	2,94	3,53
Total	3,56	7,12	10,6	14,2	17,7	21,3
Média/ σ	0,59 \pm 0,3	1,19 \pm 0,61	1,78 \pm 0,9	2,37 \pm 1,21	2,97 \pm 1,5	3,56 \pm 1,81

σ desvio padrão

Tabela 21. Quantidade do nutriente nitrogênio (g planta^{-1}) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira, aplicado via irrigação para o 3º ciclo

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Nitrogênio (g planta^{-1})					
Nov	0,69	1,38	2,08	2,77	3,46	4,15
Dez	0,59	1,19	1,78	2,38	2,97	3,56
Jan	0,58	1,17	1,75	2,34	2,92	3,50
Fev	0,53	1,05	1,58	2,10	2,63	3,16
Mar	0,56	1,13	1,69	2,26	3,38	3,38
Total	2,96	5,92	8,88	11,84	14,80	17,76
Média/ σ	0,49 \pm 0,25	0,99 \pm 0,5	1,48 \pm 0,74	1,98 \pm 0,99	2,56 \pm 1,29	2,96 \pm 1,49

σ desvio padrão

Os dados da Tabela 22 mostram as quantidades de fósforo, percebe-se que o tratamento T₆ foi o que mais contribuiu com o fornecimento desse nutriente as plantas para os dois ciclos foi constatado um incremento nesse tratamento de 602% em relação ao tratamento T₁ isso pode ser explicado devido à diferença de volume d'água aplicado entre os tratamentos foram 182,3%, onde os mesmos incrementos foram observados para o segundo ciclo, e na mesma proporção para os demais tratamentos 300, 200, 150 e 120%, respectivamente T₂, T₃, T₄ e T₅ quando comparados com T₆, para os nutrientes.

Tabela 22. Quantidade do nutriente fósforo (g planta^{-1}) do efluente da piscicultura utilizado na irrigação da bananeira

Mês	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
	2º Ciclo Fósforo (g planta^{-1})						3º ciclo Fósforo (g planta^{-1})					
Jan	0,29	0,59	0,88	1,18	1,47	1,77	0,22	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30
Fev	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,53
Mar	0,19	0,38	0,57	0,76	0,94	1,13	0,20	0,40	0,61	0,81	1,01	1,21
Abr	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,91	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75
Mai	0,15	0,31	0,46	0,61	0,77	0,92	0,14	0,27	0,41	0,54	0,68	0,81
Total	1,05	2,11	3,16	4,22	5,27	6,33	0,79	1,58	2,38	3,17	3,96	4,75
Média	0,18	0,35	0,53	0,7	0,88	1,05	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,79
σ desvio padrão	$\pm 0,06$	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,25$	$\pm 0,31$	$\pm 0,3$	$\pm 0,07$	$\pm 0,14$	$\pm 0,22$	$\pm 0,29$	$\pm 0,36$	$\pm 0,4$

5.5.1. Análise química do solo no final do experimento

Na Tabela 23 são apresentadas as alterações ocorridas em algumas características químicas do solo. Em decorrência das práticas de cultivo da banana devido a incorporação dos restos da cultura no solo, não foi possível identificar a influência da utilização do efluente da piscicultura no solo. Valores como matéria orgânica e outros nutrientes foram alterados pela incorporação da biomassa da bananeira. Moreira e Fageria, (2009) afirmaram que os restos culturais representam fonte significativa de nutrientes, influenciando de forma considerável, no manejo da adubação e do estado nutricional do bananal. Resultados parecidos foram encontrados por Miranda et al. (2007).

Os altos valores de fósforo encontrados no final do experimento pela análise química do solo podem ser explicados pelo excesso dos resíduos da adubação de superfosfato e, devido a sua pouca mobilidade do elemento P no solo.

Tabela 23. Características químicas do solo no início (I) e no final (F) do cultivo da banana, com aplicação de fertirrigação e do efluente da piscicultura

Característica	Unidade	Início do experimento (I)			*Final do experimento (F)			D = F - I**		
		0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60
M. O.	g kg ⁻¹	4,18	3,93	3,74	12,87	7,83	4,34	8,69	3,90	0,60
pH	-	5,59	6,20	5,24	6,19	6,71	6,70	0,60	0,51	1,46
Fósforo	mg dm ⁻³	7,70	41,2	1,10	104,40	47,00	45,40	96,70	5,80	44,30
Potássio	cmolc dm ⁻³	0,29	0,30	0,24	1,10	0,60	0,30	0,81	0,30	0,06
Cálcio	cmolc dm ⁻³	0,92	1,10	0,37	3,34	2,21	0,98	2,42	1,11	0,61
Magnésio	cmolc dm ⁻³	0,56	0,93	0,76	1,19	1,14	0,03	0,63	0,21	-0,73
Sódio	cmolc dm ⁻³	0,48	0,43	0,26	1,10	0,60	0,40	0,62	0,17	0,14
Alumínio	cmolc dm ⁻³	0,13	0,02	0,95	0,00	0,02	0,01	-0,13	0,00	-0,94
H + Al	cmolc dm ⁻³	1,67	1,09	2,74	5,33	2,64	2,23	3,66	1,55	-0,51
S das B	cmolc dm ⁻³	1,85	2,46	1,48	6,73	4,55	1,71	4,88	2,09	0,23
CTC	cmolc dm ⁻³	3,52	3,55	4,22	12,06	7,19	6,07	8,54	3,64	1,85
V	%	52,61	69,32	35,08	55,81	63,28	61,08	3,20	-6,04	26,00
M	%	6,57	0,81	39,09	0,00	0,44	0,35	-6,57	-0,37	-38,74

*Amostragem do final do experimento realizada na área das parcelas úteis do tratamento T4.

** D - diferença entre as características químicas do solo no final e no início do experimento.

5.5.2. Análise química da folha

A análise foliar evidenciou valores de N na folha abaixo do adequado para essa cultura. Esse fato evidencia que as quantidades de nitrogênio absorvida pela bananeira no solo foi pequena em relação às quantidades aplicadas.

Na Tabela 24 pode-se notar que os macro e micro elementos variaram dentro do valor adequado com uma pequena variação para o ferro em alguns tratamentos. Silva e Carvalho (2005) avaliaram o estado nutricional de bananeiras 'Prata Anã' (ABB) cultivada no Norte de Minas Gerais, utilizando o método do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) também detectaram uma deficiência de nitrogênio em boa parte dos bananais verificados.

Por não haver estudos dos valores de nutrientes para a banana FHIA 18, e por esta ser uma cultivar melhorada da Prata Anã comparou-se os valores adequados com a banana Prata Anã.

Tabela 24. Teor de nutrientes das folhas das plantas da Banana FHIA 18, comparadas com a faixa adequada para a Banana Prata Anã, para o 2º ciclo da cultura

Tratamento	Elemento químico								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹				
T1	19,20	1,72	29,69	4,58	3,74	6,45	146,84	268,88	15,79
T2	23,00	1,72	29,21	4,49	3,42	5,61	196,76	278,17	14,23
T3	19,20	1,69	28,00	4,09	3,15	4,55	251,40	219,47	12,19
T4	19,40	1,53	30,13	3,39	3,50	6,21	140,81	299,21	15,09
T5	19,10	1,50	25,20	3,62	3,48	7,89	172,28	235,94	13,35
T6	19,30	1,89	25,93	4,62	3,51	5,15	114,19	333,67	14,77
Valor adequada da Banana Prata anã	25 - 29	1,5 - 1,9	27 - 35	4,5 - 7,5	2,4 - 4	2,6 - 8,8	72 - 157	173 - 630	14 - 25

5.6. Características de Produção do Cultivo de Tilápia

Os valores obtidos para o peso médio e comprimento dos peixes durante o experimento são apresentados na Tabela 25.

Os peixes foram distribuídos em um tanque e seus pesos apresentaram diferenças já na primeira biometria. Os peixes apresentaram uma diferença de tamanho que variou de 8 a 30 g e o peso médio (20 g) com comprimento médio de 8,3 cm. Essa diferença é atribuída à dificuldade de se obter lotes de peixes de tamanhos homogêneos, característica essa intrínseca aos peixes (BARBOSA, BRUGIOLO e CAROLSFELD, 2006; LIMA, 2008).

Os pesos médios registrados para tilápia no presente estudo foram inferiores aos encontrados por Santos (2009) para a mesma linhagem de tilápia mantidas durante 140 dias em tanques de PVC de 5.000 L, isso se deu devido à ocorrência de reprodução dentro do tanque com conseqüente competição por alimento. Conforme dados do autor, os pesos inicial e final para linhagem nilótica foram, respectivamente, 48,97 g e 702,07 g.

Tabela 25. Peso médio (g) e comprimento total médio (cm) de tilápia nilótica (*O. niloticus*)

	Dias					
	0	29	58	87	116	145
Peso corporal (g)	20	46,7	130	217,4	332	508
Comprimento (cm)	8,3	12,8	17,2	22,3	24,7	27,3

Os pesos médios registrados para tilápia no presente estudo foram maiores que os encontrados por Neves et al. (2008) para duas linhagens de tilápia (Bouaké e Chitralada), mantidas durante 279 dias em tanques de concreto de 4.500 L. Conforme dados dos autores os pesos inicial e final para linhagem Bouaké foram, respectivamente, 0,77 g e 153,00 g, enquanto para linhagem Chitralada foram 1,29 g e 183,35 g.

Comparação feita com os dados do trabalho de Moraes (2008) indica melhor evolução do peso médio dos peixes quando comparados com o presente experimento. Os valores de peso inicial e peso final apresentados pelo autor, para um período de cultivo de 84 dias, foram 48,00 g e 436,07 g, enquanto os valores do presente experimento foram 20 g (peso inicial) e peso médio variando de 137 g a 357 g nesse mesmo período de tempo. Silva et al. (2002), em cultivo de tilápia (peso inicial de 20 g), com ciclo de 128 dias, no sistema *raceway*, observaram que o peso final foi superior na maior renovação de água e menor densidade, com valor médio igual a 585,95 g.

A curva de crescimento em comprimento da tilápia apresentou um comportamento linear positivo em relação ao período de cultivo (Figura 29). Os dados desse trabalho mostram que o comprimento inicial e final de 8,3 e 27,3 cm fica bem acima da literatura citada, o que se pode notar é que o maior comprimento não correspondeu a um peso médio maior de 508 g. Esse estudo não mostrou essa tendência quando comparado com o estudo de Santos (2009), que atingiu média de 700 g com um comprimento médio de 30,7. O valor baixo de peso médio deste estudo pode ser explicado devido a reprodução das tilápias nos tanques, o que provocou um aumento na concorrência pelo alimento.

Neves et al. (2008), em 279 dias de cultivo, registraram respectivos comprimentos inicial e final de 6,33 cm e 19,77 cm para tilápia da linhagem Bouaké e de 7,12 cm e 20,98 cm para tilápia da linhagem Chitralada. Carneiro et al. (1999), em experimento com tilápia vermelha da Flórida, criada em tanques rede, verificaram, ao final de 253 dias, comprimento total variando entre 18,49 cm e 19,00 cm, dependendo da densidade de estocagem. Ressalta-se que o comprimento inicial da tilápia vermelha foi de 10,30 cm e da tilápia Chitralada no presente estudo foi de 13,35 cm. A análise comparativa dos dados leva a dizer que no presente trabalho a tilápia Chitralada superou o crescimento registrado em outros estudos.

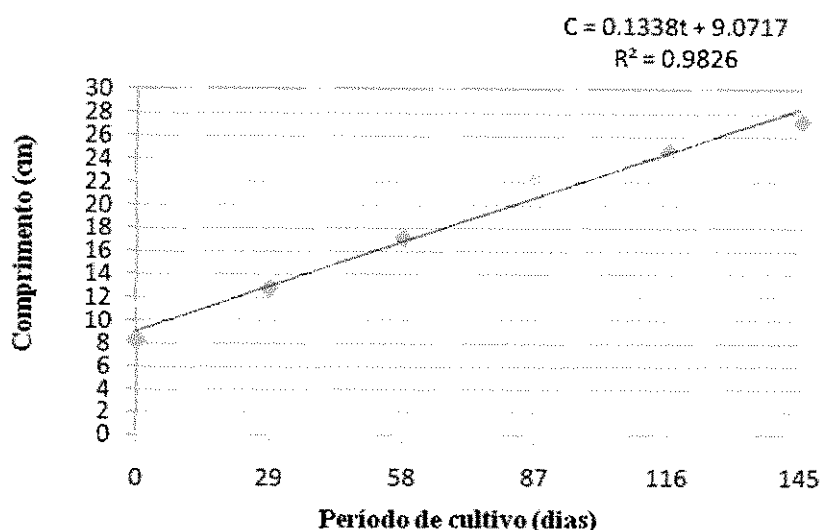


Figura 29. Curva de crescimento em comprimento (cm) de tilápia nilótica (*O. niloticus*) em razão do período de cultivo

Em termos absolutos e relativos (Tabela 26), é possível observar os índices de crescimento do peso e comprimento. Neste estudo o ganho de peso absoluto (GPA) foi de 488 (g peixe⁻¹ 145 dias⁻¹) e o ganho de peso relativo (GPR) foi de 2.440,0 (5% peixe⁻¹ 145 dias⁻¹). Quando comparamos com os dados do trabalho de Santos (2009), podemos observar valores de GPA maior que os obtidos por esse estudo (651,18 g peixe⁻¹ 140dias⁻¹), já os dados de GPR foram menor 1.456,7 % peixe⁻¹ 140dias⁻¹.

Tabela 26. Índices de crescimento absoluto e relativo do peso corporal (g) para a tilápia nilótica (*O. niloticus*) de água durante 145 dias de cultivo nos tanques

Ganho de Peso Corporal		Ganho de Comprimento	
Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
(g peixe ⁻¹ 145 dias ⁻¹)	(% peixe ⁻¹ 145 dias ⁻¹)	(cm peixe ⁻¹ 145 dias ⁻¹)	(% peixe ⁻¹ 145 dias ⁻¹)
488	2.440,0	19	228,91

No tocante ao ganho do comprimento absoluto e relativo, 19 cm peixe⁻¹ 145 dias e 228,9 % peixe⁻¹ 145 dias⁻¹ mostraram bons resultados, quando comparados com outros trabalhos. Santos (2009) encontraram resultados menores para o crescimento absoluto e relativo de 17,5 cm peixe⁻¹ e 131,3 % peixe⁻¹ 145 dias⁻¹.

O ganho de peso diário (GPD) (Tabela 27) mostra a capacidade de crescimento (em peso) dos peixes em um determinado intervalo de tempo. O ganho de peso estimado para o intervalo de tempo compreendido entre 0 e 29 dias, foi o menor 0,92 quando comparados com

os outros intervalos, este pode ser explicado devido a grande variação de peso encontrado nos tanques e o período de aclimatização que pode ter sido grande. Esses valores foram aumentando na medida em que foram crescendo, e no último intervalo o DPD alcançou valores de 6,06 g dia⁻¹.

Tabela 27. Ganho de peso diário médio (g dia⁻¹) de tilápia nilótica (*O. niloticus*) durante 145 dias de cultivo

	Intervalos de dias				
	0 – 29	29 – 58	58 – 87	87 – 116	117 - 145
Ganho de peso diário médio (GPD)	0,92	2,87	3,01	3,95	6,06

Moraes (2008), em cultivo experimental de tilápia do Nilo em tanques rede, durante 84 dias, obteve valores de GPD (4,43 a 5,67 g dia⁻¹) maiores do que os obtidos para tilápia Chitralada neste trabalho (2,87 a 3,01 g dia⁻¹), no intervalo de 56 a 84 dias. Em experimento realizado com tilápias criadas em tanques rede, durante 130 dias, Sampaio e Braga (2005) registraram valores (4,73 a 5,02 g dia⁻¹) bem diferente aos do presente estudo. O valor médio de GPD obtido por Carneiro et al. (1999) para tilápia Vermelha da Flórida foi o mesmo (0,92 g dia⁻¹) do presente estudo.

5.7. Análise Econômica do Sistema de Produção da Banana e da Piscicultura

O custo total de produção do 1º, 2º e 3º ciclo da cultura da banana FHIA 18, foi de R\$ 13.344,82; 6.135,12 e 5.310,12 respectivamente (Tabela 28), sendo que o maior custo observado no 1º ciclo, representando quase 54% do total, está relacionada com os investimentos com irrigação 45% e as mudas, micro propagadas representando 14,1%. As planilhas referentes aos cálculos estão no APÊNDICE I.

Tabela 28. Estimativa do custo total da produção de banana FHIA 18, por hectare, para primeiro, segundo e terceiro ciclo nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras (PI), ciclo de 12 meses, com utilização de mudas de cultura de tecido

Especificações	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo
	Valor R\$	Valor R\$	Valor R\$
Custo de investimento e insumos	8.258,95	2.236,47	2.236,47
Custos fixos	3.531,80	3.000,00	2.250,00
Custo Operacional Efetivo	11.790,75	5.236,47	4.486,47
Outras despesas	375,00	375,00	375,00
Remuneração de capital	589,50	261,80	224,30
Custo Operacional Total	12755,28	5873,29	5085,79

Na Tabela 29 são apresentadas estimativas de preços, lucratividade, receita bruta, receita líquida, preço de equilíbrio kg^{-1} (monetário) para os três ciclos da cultura da banana. Consideraram-se dois preços de venda, sendo, um no período de safra e outro no período de entressafra à nível de mercado local de produtor durante o ano de 2008. Para fins de cálculo, a produtividade da banana para os três ciclos foi de 28 T ha^{-1} referente à média do melhor tratamento (T4).

Tabela 29. Estimativa por hectare para o segundo e terceiro ciclo de preços, lucratividade e ponto de equilíbrio produção de banana FHIA 18, nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras (PI), ciclo de 12 meses

Especificações	Unid	1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo	
		Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2
Preço pago pelo Kg	R\$	0,50	0,80	0,50	0,80	0,50	0,80
Receita Bruta	R\$	14.000,00	22.400,00	14.000,00	22.400,00	14.000,00	22.400,00
Custo Operacional Efetivo (COE)	R\$	11.790,75	11.790,75	5.236,47	5.236,47	4.486,47	4.486,47
Custo Operacional Total (COT)	R\$	12.755,28	12.755,28	5.873,29	5.873,29	5.085,79	5.085,79
Remuneração de capital	R\$	589,54	589,54	261,82	261,82	224,32	224,32
Custo Total de Produção	R\$	13.344,82	13.344,82	6.135,12	6.135,12	5.310,12	5.310,12
Receita Líquida	R\$	655,18	9.055,18	7.864,88	16.264,88	8.689,88	17.089,88
Lucro Operacional	R\$	1.244,72	9.644,72	8.126,71	16.526,71	8.914,21	17.314,21
Índice de Lucratividade (L.Op.)	%	8,89	43,06	58,05	73,78	63,67	77,30
Índice de Lucratividade (R. L.)	%	4,68	40,42	56,18	72,61	62,07	76,29
Preço de Equilíbrio Kg	R\$	0,48	0,48	0,22	0,22	0,19	0,19

Valor 1 – Menor preço de mercado; Valor 2 – Maior preço de mercado

Os dados demonstram que no 1º ciclo de produção a receita bruta obtida foi de R\$ 14.000,00 e 22.400,00 ha⁻¹ e uma receita líquida de R\$ 655,18 e 9.055,18 ha⁻¹ para os preços praticados na região de R\$ 0,50 e 0,80 por quilo, no qual podemos observar que a receita líquida no primeiro ano foi de cinquenta e quatro reais mensais para o menor preço praticado no mercado, isso é devido aos investimentos ocorrido no primeiro ano, entretanto observa-se que quando o valor do fruto atinge oitenta centavos por quilo, esse passa a obter uma receita de setecentos e quarenta e cinco reais por mês. Nos ciclos seguintes mantendo-se a mesma produtividade tem-se uma receita líquida no terceiro ciclo maior 10,0 e 5,0% para maior e menor preço praticado no mercado, em relação ao segundo ciclo e 53% maior em relação ao primeiro ciclo para o maior preço praticado no mercado.

No município de Santa Rosa do Piauí (PI), os indicadores obtidos mostram que o sistema de produção da banana é uma atividade rentável, uma vez que a lucratividade obtida, considerando o custo operacional efetivo e o custo operacional total variaram de 8,89 a 63,67% e 43,06 a 77,30% respectivamente. Esses valores estão acima dos encontrados por Silva et al., (2005) em análise semelhante a essa com banana maçã micro propagada.

A análise econômica financeira para produção anual de dois tanques de tilápia, considerando um ciclo e meio por tanque, será apresentada nas Tabelas 26 e 27. A discriminação da planilha encontram-se no APÊNDICE 2.

Ao considerar o custo de equilíbrio monetário em torno de R\$ 5,28 por quilo para o primeiro ano e de R\$ 3,50 por quilo para os anos seguintes de tilápia produzida, uma vez que o preço médio de mercado da região no período do presente estudo variou de R\$ 3,50 e 4,5 kg⁻¹, preços referentes a período de safra e entressafra, e considerando-se uma produção anual com três ciclos de produção, somando-se os custos descritos na Tabela 25, estimou-se 3.048 kg produzidos por ano, portanto, o custo total de produção obtido foi de R\$ 16.107,68 no primeiro ano, sendo esse ano de investimento e de R\$ 10.667,10 para os demais anos. Com um preço de venda em torno de R\$ 3,50 kg⁻¹, a receita bruta anual alcançada foi de R\$ 10.668,00 (R\$ 3,50 * 3.048 kg) e a R\$ 4,50 kg⁻¹ a receita bruta anual alcançada foi de R\$ 13.716,00 (R\$ 4,50 * 3.048 kg). Havendo uma receita líquida anual negativa de R\$ -5.439,68, para o primeiro ano com o preço de venda de R\$ 3,50 e de R\$ -2391,68 para o preço de venda de R\$ 4,50. Entretanto, para os anos seguintes e para os preços praticados a receita líquida ficou em 0,90 e 3048,90 respectivamente, o que indica valores muito abaixo das expectativas. Uma solução seria trabalhar com uma produtividade maior dos peixes com o controle do cultivo de tilápia revertida.

No município de Santa Rosa do Piauí (PI), os indicadores obtidos mostram que o sistema de cultivo de peixe é uma atividade rentável, uma vez que a lucratividade obtida, considerando o custo operacional efetivo e o custo operacional total (Tabela 30) variou de -43,97 a 25,8 % e -50,99 a 22,23% respectivamente, sendo esses percentuais superiores aos encontrado por Pizaia et al. (2008), realizando estudos semelhantes a esse. Para cobrir o custo operacional total o produtor precisa produzir 3.600 kg por ano de produção a partir de 6.600 alevinos.

É importante ressaltar o custo operacional total calculado considerou a despesa com o fornecimento de água, o qual para o Estado do Piauí, ainda não é cobrado, pois a maioria das fontes fornecedoras de água para piscicultura é poços tubulares e/ou águas superficiais, sendo dessa forma contabilizado apenas o custo com energia elétrica.

Dos itens que compõem o custo operacional total, o mais significativo é ração que soma quase 65% do total. Isto coloca em evidência o rigor técnico requerido na gestão da alimentação dos peixes, particularmente a composição e quantidade dos nutrientes da ração.

Estes dados mostram que aumentos dos custos dos itens mais representativos, bem como redução da produção, podem provocar mudanças dos indicadores de viabilidade econômica deste investimento.

Tabela 30. Estimativa/ano de preços, lucratividade e ponto de equilíbrio produção de banana FHIA 18, nos municípios de Santa Rosa do Piauí e Oeiras - PI, com dois tanques 1 ciclo e meio

Especificações	Unid.	1º ano		2º ano		3º ano	
		Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2
Preço pelo Kg do Peixe	R\$	3,50	4,50	3,50	4,50	3,50	4,50
Receita Bruta	R\$	10668,00	13716,00	10668,00	13716,00	10668,00	13716,00
Custo Operacional Efetivo (COE)	R\$	14983,50	14983,50	9802,00	9802,00	9802,00	9802,00
Custo Operacional Total (COT)	R\$	15358,50	15358,50	10177,00	10177,00	10177,00	10177,00
Remuneração de Capital	R\$	749,18	749,18	490,10	490,10	490,10	490,10
Custo Total de Produção	R\$	16107,68	16107,68	10667,10	10667,10	10667,10	10667,10
Receita Líquida	R\$	-5439,68	-2391,68	0,90	3048,90	0,90	3048,90
Lucro Operacional	R\$	-4690,50	-1642,50	491,00	3539,00	491,00	3539,00
Índice de Lucratividade (Lucro Operacional)	%	-43,97	-11,98	4,60	25,80	4,60	25,80
Índice de Lucratividade (Receita Líquida)	%	-50,99	-17,44	0,01	22,23	0,01	22,23
Preço de Equilíbrio Kg	R\$	5,28	5,28	3,50	3,50	3,50	3,50

Valor 1 – Menor preço de mercado; Valor 2 – Maior preço de mercado

Fonte: Pesquisa de Preço local

O estudo da viabilidade econômica do cultivo de banana com o cultivo da tilápia apresentado na Tabela 31 considera os custos operacionais da banana e da piscicultura e o somatório das receitas brutas das duas atividades a fim de se obter a lucratividade das atividades realizadas de maneira consorciada. Dessa forma, os índices de lucratividade desse consórcio variaram de 31,9 a 55,7%, para o segundo e terceiro ano e com os dois preços praticados, o que representa uma alta rentabilidade para o produtor.

Tabela 31. Estimativas consolidadas dos custos operacionais, receitas bruta e líquida e índice de lucratividade da atividade de cultivo da bananeira com o cultivo da tilápia

Especificações do consorcio Banana versus Piscicultura	2º ano		3º ano	
	maior preço	menor preço	maior preço	menor preço
Receita Bruta (R\$)	36116,00	24668,00	36116,00	24668,00
Custo Total de Produção (R\$)	16802,22	16802,22	15977,22	15977,22
Lucro Operacional (R\$)	19313,78	7865,78	20138,78	8690,78
Índice de Lucratividade %	53,48	31,89	55,76	35,23

6. CONCLUSÕES

- A necessidade hídrica da banana FHIA 18 na região semiárida do Piauí para o 2º e 3º ciclo foram obtidas aplicando lâminas de água de 1.200 e 1.000 mm/ciclo respectivamente.
- Os valores médios de Kc observados na bananeira na região semiárida do Piauí foram 0,8 e 1,03 para a fase vegetativa e para a fase de floração / frutificação do 2º ciclo. Obteve-se um coeficiente da cultura (Kc) único para 3º ciclo de 0,92.
- Com relação a eficiência do uso de água, para os ciclos das plantas filha e neta (2º e 3º ciclo) mostrou-se inversamente proporcional às lâminas de irrigação, o tratamento 25% da evapotranspiração da cultura apresentou valores de 3,16 kg fruto.m⁻³ água para o ciclo da planta filha e 4,78 kg fruto.m⁻³ água para o ciclo da planta neta.
- O reuso da água da piscicultura com a tilápia do Nilo, no cultivo da banana, viabiliza a utilização dos recursos hídricos e a exploração agrícola, com a obtenção de duas receitas a partir do uso compartilhado da água, obtendo-se com isso, para o maior e menor preço de mercado para ambos, um índice de lucratividade de 53,48 e 31,9% respectivamente no 2º ciclo e para o 3º ciclo o maior e menor preço de mercado geraram índices de 55,7 e 35,2% respectivamente para o 3º ciclo.

REFERÊNCIAS

- AIROLDI, R.P. da Silva. **Análise do desempenho de gotejadores e da prevenção do entupimento em irrigação com água residuária**. 2007.137f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007.
- ALI, B.I. Irrigation in arid regions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, v.113, n.2, p.173-83, 1987.
- ALLEN, R. G; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements**, v. 56, p.1-300, 1998. (FAO Irrigation and Drainage).
- ALVES, E. J. et al. Exigências climáticas, In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. EMBRAPA-SPI; 1997, p.35-46.
- ANDRADE, G. M. et al. Avaliação de genótipos de bananeira no Estado do Piauí, 1: comportamento vegetativo, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2001. Belém. **Anais...SBF**, 2001.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. **Banana**. [s.l.]: Gazeta. Disponível em: <[http:// www.anuarios.com.br/upload/publicaçãocapitulo/pdf/pdf454](http://www.anuarios.com.br/upload/publicaçãocapitulo/pdf/pdf454)> Acesso em: 20 dez. 2010. p. 32-34.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. APHA, 1995. 1268p.
- ARANA, L.V. **Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura**. UFSC, 1999. 310 p.
- _____. **Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões**.UFSC, 2004. 231p.
- AZEVEDO, C. M. da S. B; SIMÃO, B. R.; ALMEIDA, C.; SILVA, J. F.; COSTA, M. P. Desempenho produtivo de tilápias em viveiros intermitentemente drenados para irrigação, **Caatinga**, v,21, n,1, p,29-35, 2008.

AZEVEDO, V. F. de; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. D.; MAIA, V. M.; SILVA, S. de O. E. Avaliação de bananeiras tipo prata, de porte alto, no semiárido. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 6, p. 1372-1380, 2010.

BAILEY, R.J.; SPACKMAN, E. Irriguide: an irrigation scheduling system to take account of variable rainfall, soil system and cropping pattern. In: SMITH, M. et al. (Ed.). **Irrigation Scheduling: from theory to practice**. ICID/FAO, 1996. p. 75-82 (FAO. Water Report, 8).

BARBOSA, J. M.; BRUGIOLO, S. S. S.; CAROLSFELD, J. Heterogeneous growth fingerlings of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: effects of density and initial size variability. **Brazilian Journal of Biology**, v.66, n.2, p.537-541, 2006.

BASSOI, L. H., TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, J. A. M.; SIVA, E. E. G.; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J. L.T.; FERREIRA, M. de N. L. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Embrapa Semiárido, 2001. 4p. (Embrapa Semi-Árido Comunicado Técnico, 108).

BASTOS, R. K. X.; MARA, D. D. Irrigacion de hortalizas com águas residuales: aspectos sanitários. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 23., 1992, La Habana. **Anais...Association Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. 1992. p. 8-22.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. IAC, 1983, 48p, (Boletim Técnico, 78).

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R. da; Teo, C. R. P. A.; Vilas Boas, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p,152-163, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. UFV, 2006. 625 p.

BNDES – BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **BNDES aprova crédito de R\$ 3,9 milhões para beneficiamento de frutas em PE**. Disponível em: <<http://www.abimaq.org.br/ceimaq/meta3/download/credfrutPE.pdf> 2010>. Acesso em: 22 nov. 2010.

BOTELHO, M. A. P.; VASCONCELOS, L. F. L.; VELOSO, M. E. DA C.; SOUZA, V. A. B. DE; CARVALHO, J. R. P. DE Avaliação de Genótipos de Bananeira no Estado do Piauí. 3. Qualidade de Fruto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2001, Belém, **Anais**, SBF, 2001.

BOYD, C. E. **Manejo da qualidade da água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. ABCC, 2001. 157p.

BUSQUET, R. N. B. **Análise de Crescimento, Fenologia e Acumulação de Nutrientes de Quatro Genótipos de Bananeira no Estado do Rio de Janeiro**. 2006. 113f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. 2006.

CARNEIRO, P. C. F.; CYRINO, J. E. P.; CASTAGNOLLI, N. Produção da tilápia vermelha da Flórida em tanques-rede. **Scientia Agrícola**. v.56, n.3, p. 673-679, 1999.

CODEVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO. **Aqüicultura e Pesca**, 2003. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/produtos/aquicultura.htm>> Acesso em: 23 out. 2003.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.7, n.1, p.57-60, set. 2005. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia4_v7n1.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2010.

COELHO, E. F.; LEDO, C. A. da S.; SILVA, S. de O. e. Produtividade da bananeira “Prata-Anã” e “Grande Naine” no terceiro ciclo sob irrigação por microaspersão em tabuleiros costeiros da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p 435-438, 2006.

COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO,E.F. Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica papaya* L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas BA. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. **Anais...** ABID, 2003. CD-ROM

CRADDOCK, E. The California irrigation management information system (CIMIS). In: HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. ASAE, 1990. p. 931-941.

DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem e evolução da bananeira. **Série Publicações Técnicas FRUPEX**, n.18, p.9-13, 1995.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. UFPB, 1994, 360p. (Estudo FAO, Irrigação e Drenagem, 33).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. Programa SWRC (Version 3.0): **Soil-Water Retention Curve (Software)**. ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995.

D'URSO, G.; SANTINI, A. A remote sensing and modeling integrated approach for the management of irrigation distribution system, In: CAMP, C.R.; SADLER, E.J.; YODER, R.E. **Evapotranspiration and irrigation scheduling**. ASAE, p, 435-441, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Banana FHIA 18**. 2001. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br/jornal/marco-2001/r&ftecnicos.htm>> <<http://www.estado.estadao.com.br/editorias/2001/01/14/ger894.html>> Acesso em: maio 2010.

_____. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. EMBRAPA/CNPS, 1997, 212p.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Diagnose química foliar em bananeira**. n.54, 2004.

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA E LA ALIMENTACIÓN. **Aquicultura: más que una industria de exportación.** 2003. 3p. Disponível em: < [http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture,htm](http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture.htm).>

FARIA, N. G. **Absorção de nutrientes por variedades e híbridos promissores e bananeira,** 1997. 66f. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, 1997.

FELIZATTO, M. R.; STARLING, F. L. R. M.; SOUZA, M. A. A. Reuso de água em piscicultura: análise da possibilidade de aplicação de efluente de lagoas de estabilização em série, IN: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** ABES, 2000. 27p.

FIGUEIREDO, F. P. de et al. Produtividade e qualidade da banana Prata Anã, influenciada por lâminas de água, cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.4, p.798-803, 2006.

_____. Influência da lâmina de irrigação sobre a eficiência energética de água e produtividade da bananeira 'Prata Anã'. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, v.13, n.1, p. 53-58, 2005.

FIGURE, M. F. et al. Metal toxicity and tolerance in plants and microorganisms. In: **International Workshop on Agricultural Biotechnology**, Book Abstracts, 1997.

GIANNERINI, G. RENANA: a model for irrigation scheduling employed on a large scale. In: PEREIRA, L.S. et al (Ed.). **Crop-Water-Simulation models in practice.** Wageningen Press, 1995. p.17- 25.

GOLTERMAN, H. J.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.** Blackwell Sci. Pub., 1978. 214p. (IBP Handbook, 8).

HAMADA, E. **Desenvolvimento e produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento,** 1993. 103 f. Dissertação (Mestrado em Água e Solo) - Universidade Estadual de Campinas, 1993.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados Gerais.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/primeiros_resultados_amostr_a/tabela_brasil.shtm> Acesso em: 22 jan. 2010.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K.(ed.) **Methods of seawater analysis.** Verlag Chermie, 1976.p.117-187.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes.** 3.ed. rev., F. Kubitza. 1999. 97 p.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial.** F. Kubitza, 2000. 287 p.

KUMAR, N.; KRISHNAMOORTHY, V.; NALINA, L.; SOORIANATHASUNDHARAM, K. Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano, **INFOMUSA** v,11, n,2, p,42-43,2002.

LÉON, S.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. UFPB, 1999, 110 p. Título original: Tratamiento y uso de aguas residuales.

LIBARDI, P. L. **A dinâmica da água no solo**. Edusp, 2005. 338 p.

LIMA, A. F. Crescimento heterogêneo em tilápias cultivadas em tanques-rede e submetidas a classificações periódicas. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.3, n.3, p.97-100, 2008.

LIMA, C. A. de; MEIRELLES, M. L. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, v.12, n.133, p.61-64, 1986.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Science Public., n.36, 1978. 121 p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical 4: banana**. [s.l.]: Cinco Continentes, 1997. 485 p.

MARTIN-PRÉVEL, P. Bananier. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. (Ed) **L'analyse végétale dans Le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales**. Tec&Doc, 1984. p.715-51.

MARTINS, C. P. **Cultivo hidropônico de bananeiras (*Musa sp.*) submetidas ao estresse salino: aspectos fisiológicos e bioquímicos**. 2007.49f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2007.

MATSUNAGA, Minoru et al. Metodologia de Custo de Produção Utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**. ano XXIII, tomo I, p.123-139, 1976.

MELO, B.; R. NETO, A. **A cultura da bananeira: cultivares**. [200_?]. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/banana3.htm#8>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. International Potash Institute, 593 p. 1978.

MIRANDA, F. R. de; TAVARES, R. de C.; LIMA, R. N. de; CRISÓSTOMO, L. A. **Uso de efluentes da carcinicultura de águas interiores na irrigação de arroz e melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 23p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

MONTE, H. M.; SOUSA, M.S. Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent, **WaterScience Technology**, v.26, n.7-8, 1992. p. 1603-1613

MONTENEGRO, A. A. T.; GOMES, A. R. M.; MIRANDA, F. R. de; CRISÓSTOMO, L. A. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira para a região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 02, p. 203-208, 2008.

MORAES, A. M. de. **Avaliação zootécnica e econômica do cultivo de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, considerando diferentes rações comerciais**. 2008. 51f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MOREIRA, A. FAGERIA, N. K. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.2, jun. 2009.

NEVES, P. R.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; NATALI, M. R. M.; MAEHANA, K. R.; MARENGONI, N. G. Evaluation of the performance of two strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in mixed raising systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 51, n. 3, p. 531-538, 2008.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Piscicultura em canais de irrigação: PEC Nordeste 2008: Programação Técnica.FAEC/CNA/SENAI/SEBRAE, p.77-85, 2008.

ONGLEY, E. D. **Controle da poluição da água pelas atividades agrícolas**. UFPB, 2001. 92 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 55).

OSBURN, R. C.; BURKHEAD, C. E. Irrigating vegetables with wastewater. **Water Environment & Technology**, v.4, n.1, p.38-43, 1992.

_____. Parasitados. **Acta Scientiarum**. v.22, n.2, 533-537, 2000.

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. **Engenharia Ambiental**, v.1, n.1, p.17-24, 2004.

PIZAIA, M. G. A. et al. A piscicultura no Brasil: um estudo sobre a produção e comercialização de "*Oreochromis niloticus*". IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008. Rio Branco, AC. **Anais... SOBER**, 2008.

PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2009. 408 p.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p. v.1. (Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.)

QUÍÑONES, P. H. et al. Transfer of irrigation scheduling technology in Mexico. **Agricultural Water Management**, v. 40, p.333-339, 1999.

RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; JOÃO L. P. M. Efeito da poda da última penca do cacho da bananeira prata Anã (aab) irrigada na produção de frutos no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.108-110, 2002.

SAMPAIO, J. M. C.; BRAGA, L. G. T. Cultivo de tilápia em tanques-rede na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. v.6, n.2, p. 42-52 , 2005.

SANTOS, F. J. de S. Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão vigna. 2009. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2009.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 2, ed, Embrapa Solos, 2006, 306 p.

SANTOS, J. W. dos; GHEYI, H. R. **Estatística experimental aplicada**. Gráfica Marcone, 2003. 213p. (Tópicos de Engenharia Agrícola e Agronômica).

SANTOS, S. C.; CARNEIRO, L. C.; SILVEIRA NETO, A. N. da, PANIAGO JÚNIOR, E.; FREITAS, H. G. de, PEIXOTO, C. N. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistente a sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis morelet*) no Sudoeste Goiano Revista Brasileira de Fruticultura, v. 28, n. 3, p. 449-453, 2006.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. Release 6.11 TS level 0040: windows version 4.10. Carolina: SAS Institute Inc., 1996.

SCHMITTOU, H.R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume**. Campinas, SP: Mogiana Alimentos S.A; ASA – Associação Americana de Soja. 1997. 78p.

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F.R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v,5, n,2, p,215-221, 1997.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, 1999. 370 p.

SILVA, J. T. A. da; CARVALHO, J. G. de. Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), Sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.4, p.731-739, jul./ago., 2005.

SILVA, M. DE C. A. DA,; TARSITANO, M. A. A.; BOLIANI, A. C. Análises técnica e econômica da cultura da bananeira 'Maçã' (*Musa spp.*) na região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, 2005.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. do N.; SIPAÚBA TAVARES, L. H.; SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em "raceway". **Acta Scientiarum**. v.24, n.4, p.935-941, 2002.

SILVA, S. de O. E; ROCHA, S.A.; ALVES, E.J.; CREDICO, M.; PASSOS, A.R. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2000.

SOUSA, V. F. de; **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims, f. *flavicarpa* Deg).** 2000. 178f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2000.

SOUSA, V. F. de; AGUIAR NETTO, A. O.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; SOUSA, A. P.; DANTAS NETO, J. **Manejo de irrigação através do balanço de água no solo**, Embrapa-CPAMN, 1997, 36 p, (Embrapa-CPAMN, Documentos, 23).

TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. et al. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.1, p. 45-50, 2002.

TEIXEIRA, L. A. J.; ZAMBROSI, F. C.B.; BETTIOL NETO, J. E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no Estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29 n.3, p. 613-620, 2007.

TURNER, D. W. Bananas and plantains. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: sub-tropical and tropical crops**. CRC. v.2, p. 37-64. 1994

VAN GENUCHTEN, M. TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, 44, 892-898, 1980.

ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica permite a produção de Tilápias-do-Nilo geneticamente superiores. **Panorama da Aquicultura**, v.9, n.54, p. 15-21, 1999.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI E.C.; FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. TecArt, 2004. p.239-266.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. DE S.; COELHO, R. I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**: v.30, n.4, 2008.

APÊNDICE I

ITENS DE CUSTO	Unidade	Valor Unitário	1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo	
			Quant	Valor	Quant	Valor	Quant	Valor
INSUMOS E EQUIPAMENTOS								
Mudas (Plantio e Replântio)	ud		-	1166.55				
Calcário	kg		1000	200				
Fertilizantes								
Nitrogênio - N	kg	1.20	399.96	479.95	399.96	479.95	399.96	479.95
Fósforo - P2O5	kg	1.46	333.3	486.62	333.3	486.62	333.3	486.62
Potássio -K2O	kg	1.50	666.6	999.90	666.6	999.90	666.6	999.90
Micronutrientes								
FTE BR 12	kg	0.80	50	40.00	50	40.00	50	40.00
Adubo orgânico								
Esterco de Curral	4m³	230.00	1	230.00	1	230.00	1	230.00
Ferramentas*								
Conjunto de irrigação	ud	4500.00	1	4500.00				
SUB TOTAL	R\$			8258.95		2236.47		2236.47
Custos Fixos	Unidade	Valor Unitário	1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo	
			Quant	Valor	Quant	Valor	Quant	Valor
2. SERVIÇOS								
Fertirrigação	d/H	25.00	24	600.00	18	450.00	10	250.00
Capinas	d/H	25.00	20	500.00	15	375.00	10	250.00
Roçada	d/H	25.00	5	125.00	5	125.00	3	75.00
Desfolha / Desbaste	d/H	25.00	6	150.00	6	150.00	3	75.00
Manejo da Irrigação	d/H	25.00	24	600.00	20	500.00	10	250.00
Colheita e Transporte								
Classificação e embalagem	d/H	25.00	12	300.00	12	300.00	12	300.00
Sub total serviços	R\$			2475.00		2100.00		1400.00
Água	m³	0.10	4568	456.80	3000	300.00	2500	250.00
Energia elétrica	Kw/h	0.20	3,000	600.00	3,000	600.00	3,000	600.00
SUB TOTAL	R\$			1056.80		900.00		850.00
TOTAL				3531.80		3000.00		2250.00

APÊNDICE II

ORÇAMENTO PARA CUSTEIO DA PISCICULTURA

ASPECTOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS 2 TANQUES DE PEIXES

CUSTO DE INVESTIMENTO

Item	Discriminação	Quant.	Unid.	Valor unit. (R\$)	Sub-total (R\$)
1	Limpeza do terreno	0,5	ha	400	400,00
2	Análise de solo	1	-	20	20,00
3	Análise de água	1	-	50	50,00
4	Construção de viveiro	2	-	1100	2200,00
5	Adubação	325	kg	0,3	97,50
6	Calagem	150	kg	0,2	30,00
7	Equipamentos	-	-	-	2384,00
TOTAL					5181,50

CUSTOS FIXOS

Item	Discriminação	Quant.	Unid.	Valor unit.	Sub-total
1	Energia elétrica (kw/h)	600		0,18	108,00
2	Mão-de-obra (+ encargos)	850	h/d	3,2	3808,00
3	Água	2700	m ³	0,1	270,00
4	Ração	4680	kg	1,2	5616,00
5	Alevinos + 10%	6600	-	0,15	990,00
TOTAL					9802,00

RECEITA PARA 1 CICLOS

Item	Discriminação	Quant.	Unid.	Valor unit.	Sub-total
1	Preço Médio de Venda	3048	kg	4,5	10668,00
2	Preço Médio de Venda	3048	kg	3,5	13716,00