

*IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO  
DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS  
(BEBEDOURO II)  
AVALIAÇÃO TÉCNICO — ECONÔMICA*

7  
i  
8  
1988.00366  
ESTÉRIO DA AGRICULTURA - MA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Instituto de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA  
Pernambuco, PE

DOCUMENTOS

Número 51

ISSN 0100-9729

agosto, 1988

PC  
Computador  
OK

IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO  
DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS  
(BEBEDOURO II)  
AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA

EMPRESA	007
Valor Aquisição R\$	
Data Aquisição	
Nº N. Fiscal Fatura	
Fornecedor	
Nº Ordem Compra	
Local	Docaço
Nº do Tombo	366/88



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido  
Petrolina, PE

Irrigação por pivo central no  
1988 LV-1988.00366



26141-1

© EMBRAPA, 1988

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à  
EMBRAPA-CPATSA

BR 428, Km 152

Telefone: (081) 961-4411

Telex: 810016

Caixa Postal 23

56300 Petrolina, PE

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles - Presidente

Aderaldo de Souza Silva

Clementino Marcos Batista de Faria

Clóvis Guimarães Filho

Eduardo Assis Menezes

Marco Antônio Drumond

Paulo César Fernandes Lima

Francisco Lopes Filho

Luiza Teixeira de Lima Brito

Severino Gonzaga de Albuquerque

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido,  
Petrolina, PE.

Irrigação por pivô central no Serviço de Produção de  
Sementes Básicas (Bebedouro II): avaliação técnico-econô-  
mica. Petrolina, PE, 1988.

100p. ilust. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 51).

1. Irrigação-Pivô Central. Aspecto econômico. Brasil.  
Petrolina. I título II Série COD. 631.7

## SUMÁRIO

### APRESENTAÇÃO

#### IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS (BEBEDOURO II) I. AVALIAÇÃO TÉCNICA

Hugo O. Carvalho Guerra

Resumo	7
Abstract	8
Introdução	9
Caracterização da Área	10
Caracterização dos Sistemas de Irrigação	15
Avaliação do Sistema de Irrigação	16
Resultados e Discussão	18
Conclusões e Recomendações	35
Referências Bibliográficas	40
Anexos	41

#### IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS (BEBEDOURO II) II. AVALIAÇÃO ECONOMICA

Hugo O. Carvalho G., A.G. Vivallo P.,  
E. da L. Pires e V. Barbosa

Resumo	45
Abstract	46
Introdução	47
Materiais e Metodologia	48
Resultados e Discussão	64
Conclusão	92
Referências Bibliográficas	96
Anexos	98

## APRESENTAÇÃO

O Nordeste semi-árido brasileiro tem apresentado ultimamente um incremento na área irrigada bastante acentuado, e devido à sua potencialidade, projetos de irrigação de grande porte têm se instalado na região.

A necessidade de modernização da agricultura tem gerado novas tecnologias, que resultam num maior desempenho econômico, com o conseqüente aumento na oferta de alimentos. A agricultura irrigada tem passado por essa modernização e atualmente nos deparamos com novos e sofisticados equipamentos, métodos, adaptações.

O sistema de irrigação por pivô central está se tornando popular no semi-árido brasileiro, o que requer estudos de pesquisa visando um maior conhecimento da sua operacionalização nas diferentes condições de solo e clima da região.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido (CPATSA), com base na demanda e necessidade de difusão de informações técnicas na sua área de atuação, decidiu proceder a uma avaliação técnico-econômica do desempenho do sistema de irrigação por pivô central do Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA, em Petrolina, PE.

Nesta publicação, constam recomendações técnicas para os quatro pivôs centrais, no tocante a drenagem, perdas de água por escoamento superficial e uniformidade de aplicação, bem como a identificação de entraves técnicos e econômicos que podem inviabilizar o sistema de irrigação por pivô central. Espera-se que esse esforço gere novos estudos e sirva de subsídios à realização de outros trabalhos nessa área.

LUIZ MAURICIO CAVALCANTE SALVIANO  
Chefe do Centro de Pesquisas Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido

## IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS (BEBEDOURO II) I. AVALIAÇÃO TÉCNICA

Hugo Orlando Carvalho Guerra<sup>1</sup>

**RESUMO** - Considerando a necessidade de uma adequada operação e manejo de irrigação, avaliou-se o desempenho dos quatro pivôs central, utilizados na área do Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA, em Petrolina, PE. A avaliação foi feita de acordo com a metodologia de Mirrian e Keller (1978) complementada com determinações das perdas de água por escoamento superficial (Kincaid et al. 1979) e distribuição do conteúdo de água do solo antes e após as irrigações. Os resultados obtidos geraram as seguintes conclusões e recomendações: - Somente o pivô, nº 4, está irrigando adequadamente. Nos pivôs 1 e 2, embora a precipitação média seja adequada, a uniformidade de aplicação de precipitações é baixa. No pivô 3, a vazão média é menor que a requisitada pelo projeto. - Nos quatro pivôs observaram-se perdas potenciais de água por escoamento superficial, da ordem de 9%. - Embora, em geral, não tenham sido observados sintomas de deficiência hídrica nas culturas, é necessário que os sistemas operem como foram projetados inicialmente. Assim, recomenda-se que o pivô 3 forneça a vazão adequada e que os pivôs 1 e 2 aumentem a uniformidade de aplicação da pre-

<sup>1</sup> Eng. Agr., Ph.D. Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE. Endereço atual: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, CCT/Campus II, 58100 Campina Grande, PB.

cipitação. - Recomenda-se estabelecer um adequado sistema de drenagem. Na ausência deste dever-se-ão reduzir as perdas de água por escoamento superficial. Se isto ainda não for possível, recomenda-se utilizar técnicas de conservação de solos para aproveitar esta água.

Termos para indexação: avaliação, aspersão, pivô central, eficiência, uniformidade de aplicação, evaporação, escoamento superficial.

#### CENTRAL PIVOT IRRIGATION SYSTEM IN THE BASIC SEED PRODUCTION SERVICE (BEBEDOURO II) I. TECHNICAL EVALUATION

**ABSTRACT** - Considering the need of an adequate irrigation operation and management, the behavior of the four central pivot systems used at the Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB-EMBRAPA) in Petrolina, PE, was evaluated. The evaluation was conducted according with the Marrian and Keller methodology, complemented with determinations of water losses by runoff and soil water distribution through the soil profile, before and after the irrigations. The results allowed to draw the following conclusions and recommendations: - Just one system (Pivot 4) is irrigating adequately. Pivots 1 and 2 are applying enough water, however their water application uniformities are low. Pivot 3 is not furnishing enough water to satisfy the needs of the project. - Potential water losses by runoff around 9% were observed at the four pivots. - Although no water stress symptoms were observed on the crops, the irrigation systems must operate as they were initially projected. Thus, pivot 3 must furnish the adequate

amount of water and pivots 1 and 2 must improve their water application uniformities. - It is recommended to establish an adequate drainage system. On its absence, runoff must be reduced. If impossible, soil conservation techniques will have to be used to utilize this water.

Index terms: evaluation, sprinkling, central pivot, efficiency, application uniformities, runoff, evaporation.

#### INTRODUÇÃO

A necessidade de suprir o mercado nordestino de sementes de boa qualidade e conseqüentemente estimular e aumentar a demanda de sementes comerciais fez com que o Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) implantasse na região do Submédio São Francisco um complexo de produção de semente básica. O projeto conta com 404ha irrigados através de quatro sistemas Pivô Central. Futuramente 213ha serão irrigados superficialmente, através do sistema de irrigação por sulcos.

O Pivô Central consiste numa linha lateral com aspersores, autopropelida, que se movimenta em círculo e em torno de um ponto a uma velocidade prefixada e constante. Por causa do sistema ser autopropelido, a mão-de-obra fica substancialmente reduzida na operação de irrigação. Permite também a aplicação direta de fertilizantes e defensivos.

Considerando o alto custo de investimento inicial do Pivô Central e a necessidade de um adequado manejo de irrigação, avaliaram-se a operação e o manejo atual da irrigação e determinou-se o potencial para uma adequada operação dos sistemas.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

### Localização

A área do Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA (Projeto Petrolina) fica localizada na área do Projeto Bebedouro II da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), na margem direita da BR 428, a 44km da cidade de Petrolina, PE.

### Solos

A Figura 1 mostra a localização dos pivôs no complexo de Produção de Sementes Básicas e os solos que integram as áreas irrigadas. Observa-se que os solos predominantes correspondem à série latossólica, Unidades 37 AB, 37 BB e 37BC, segundo a classificação da FAO (FAO/PNUD, 1971).

Os solos da Unidade 37 AB são solos profundos com mais de 1,5m de profundidade, de superfície arenosa com transição gradual para subsolo barro arenoso e barro argiloso leve. Os solos da Unidade 37 BB são também solos profundos, com textura variando de arenosa na superfície a barro-argilo-arenosa ou argilo arenosa a partir de 0,5m, apresentando transição clara e, às vezes, abrupta entre os horizontes. Os solos da Unidade 37 BC são solos de baixa, mal drenados, profundos, de superfície arenosa com transição abrupta para subsolo de textura pesada fortemente cimentado. A Tabela 1 apresenta algumas outras características físico hídricas dos solos das unidades indicadas.

As Figuras 2 e 3 apresentam resultados de testes de infiltração conduzidos através do método do cilindro infiltrômetro para os solos 37 AB e 37BC, respectivamente. No solo 37 AB os testes foram realizados em terreno recém preparado e em terreno já trabalhado, em três repetições.

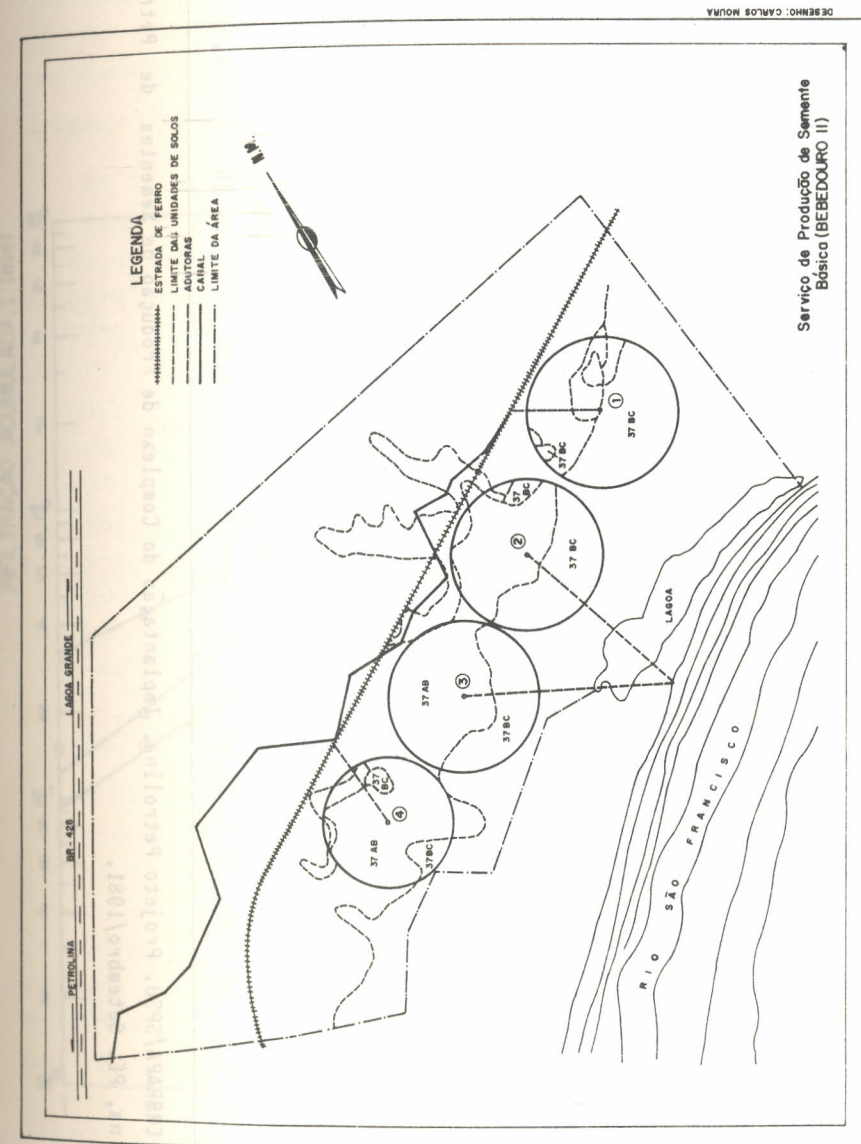


FIG. 1. Unidades de solos irrigadas pelos pivôs no SPSB.

TABELA 1. Características físico-hídricas dos solos das unidades 37 AB, 37 BB e 37 BC.

Unidade de solo	Profundidade (cm)	Capacidade de campo (%)	Ponto de murchamento (%)	Densidade global (g/cm <sup>3</sup> )	Argila %	Água disponível (%)
37 AB	0 - 30	9,00	2,44	1,56	8,00	6,56
	30 - 60	9,48	3,71	1,52	14,08	5,77
	60 - 90	10,30	3,89	1,53	23,40	6,41
37 BB	0 - 30	10,26	3,72	1,49	7,3	6,54
	30 - 60	11,41	4,60	1,50	20,6	6,81
	60 - 90	11,28	4,89	1,51	34,0	6,39
37 BC	0 - 30	3,01	1,05	1,65	4,52	1,96
	30 - 60	15,67	8,57	1,56	29,72	7,10
	60 - 90	18,48	9,46	1,56	34,36	9,02

Fonte: EMBRAPA/SPSB. Projeto Petrolina. Implantação do Complexo de Produção de Sementes de Petrolina, PE. Setembro/1981.

12

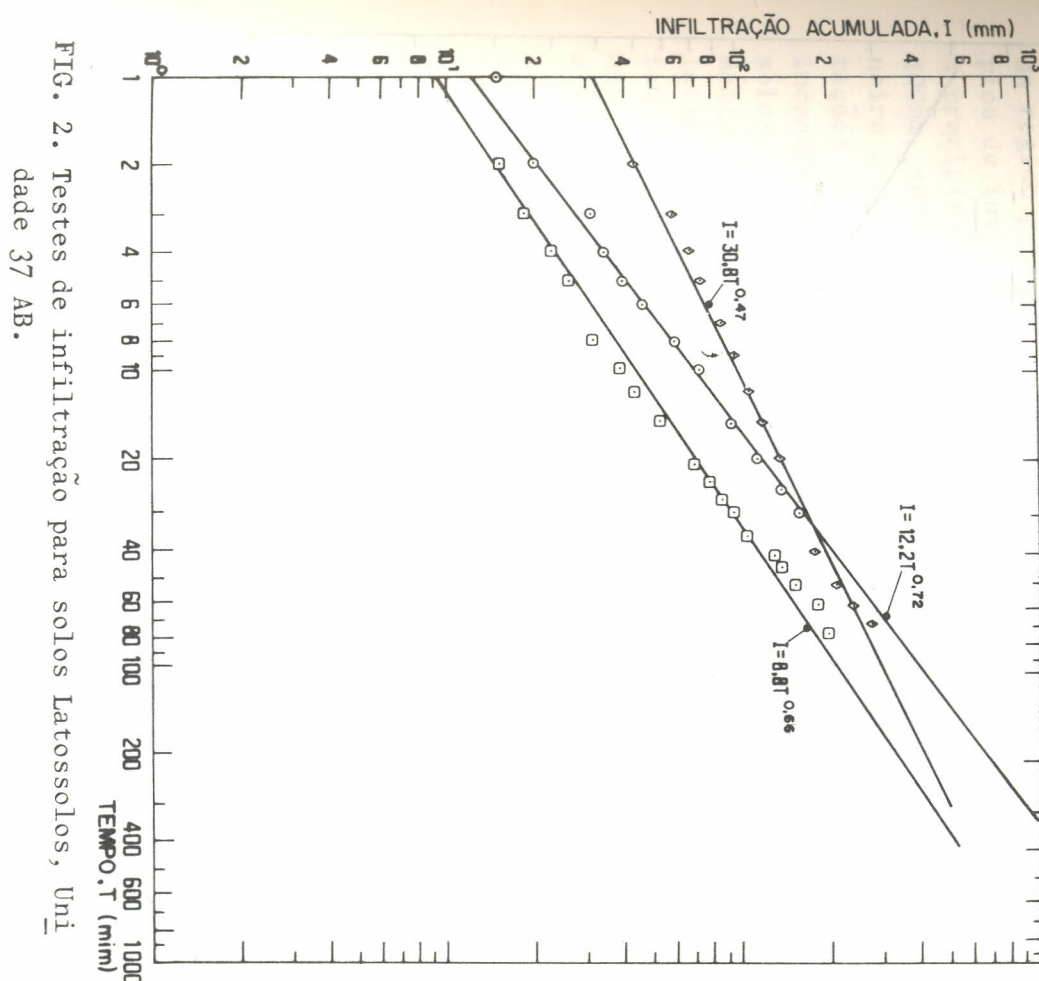


FIG. 2. Testes de infiltração para solos Latossolos, Unidade 37 AB.

13

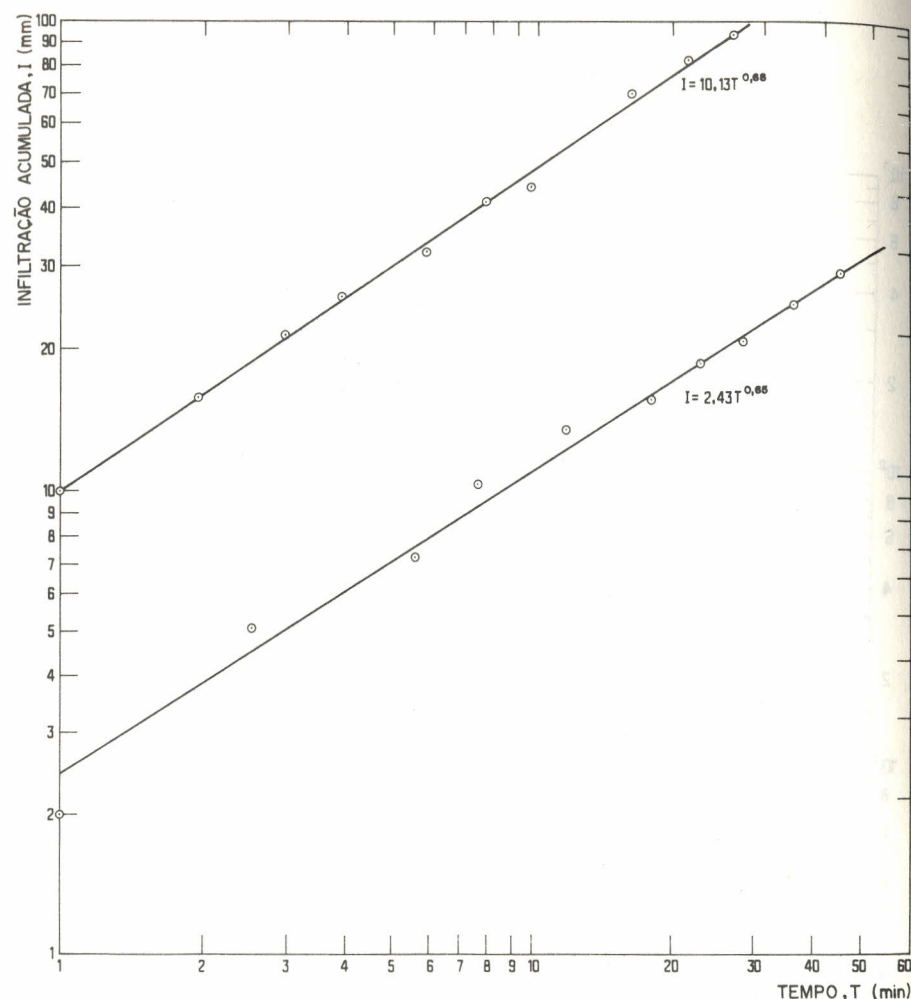


FIG. 3. Testes de infiltração para solos Latossolos, Unidade 37 BC.

A infiltração básica variou de um mínimo de 42,30mm/h a um máximo de 125mm/h com uma média de 74,36mm/h. O solo 37 BC apresentou infiltrações básicas variando de 5,46 a 24,81mm/h com uma média de 15,21mm/h.

#### Clima

De acordo com a classificação de Köppen (1936) o clima da região pode ser classificado como Bshw, isto é, este pico de inverso seco, muito quente (EMBRAPA-SPSB 1981). A precipitação é muito irregular, com uma média anual de 400mm, sendo o período compreendido entre os meses de janeiro a abril, o de maior frequência de chuvas. Precipitações de caráter torrencial são comuns na região, sendo inconvenientes porque favorecem os processos erosivos dos solos. A temperatura média anual é de 28°C, sendo que as médias mensais variam pouco através do ano. A umidade relativa do ar, em geral, é baixa (60%). A evaporação do tanque atinge uma média anual de 3.000mm, para uma luminosidade média de 2.700 horas e velocidade do vento média de 3m/s.

#### CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A área do Serviço de Produção de Sementes Básicas é atualmente irrigada por quatro unidades de irrigação Pivô Central (Fig. 1). Os três primeiros sistemas têm capacidade para irrigar 104ha cada um e o último capacidade para 90ha. Apresentam as seguintes características gerais:

##### Descrição dos Conjuntos 1, 2 e 3

Unidade de irrigação por aspersão automática, Pivô Central, marca VALMATIC, modelo 4071 VSN 14-2272, propulsão elétrica, 14 torres acionadoras, alcance total de 575,4m, área circular irrigada de 104ha, altura livre entre as torres: 2,70 metros. Pivô de baixa pressão (pressão do

último aspersor de 1atm.) com Spray-nozzless e canhão ZN-24 acionado por bomba booster. Cada pivô é alimentado por dois conjuntos motobombas, elétricas, de 250cv cada uma. As unidades acham-se equipadas com injetoras de adubos líquidos ou solúveis em água e defensivos químicos.

#### Descrição do Conjunto 4

Unidade de irrigação por aspersão automática, Pivô Central, marca VALMATIC, modelo 4071 VSN 13-2621, propulsão elétrica, 13 torres acionadoras, alcance total 535,3 metros, área circular irrigada 90ha, altura livre entre as torres: 2,70 metros. Pivô de baixa pressão (pressão do último aspersor de 1atm.) com Spray-nozzless e canhão ZN-24 acionado por bomba booster. O pivô é alimentado por dois conjuntos motobombas elétricas de 250cv cada uma. Este pivô também apresenta-se equipado com injetora de adubos líquidos ou solúveis em água e defensivos químicos.

Maiores dados técnicos para os conjuntos de irrigação por aspersão, Sistema Pivô Central VALMATIC são apresentados nos Anexos I a IV.

Normalmente os pivôs 1 e 4 captam água de um canal da CODEVASF, enquanto os pivôs 2 e 3 captam água diretamente do Rio São Francisco.

#### AValiação DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

As unidades foram projetadas e instaladas pela ASBRASIL baseada nas necessidades de água calculadas pelo SPSB, apresentadas na Tabela 2.

A avaliação das unidades de irrigação Pivô Central foi feita de acordo com a metodologia proposta por Merriam & Keller (1978). O método inclui determinações da precipi

TABELA 2. Necessidades de água de irrigação.

Evaporação média máxima mensal	11,16mm/dia
Coeficiente de evaporação do tanque	0,80
Capacidade mínima de armazenamento de água pelo solo (até 90cm)	86,43mm
Eficiência de irrigação do sistema	0,75
Fator de disponibilidade de água	0,55
Uso consuntivo máximo diário	8,93mm/dia
Lâmina líquida	8,93mm/dia
Lâmina bruta	11,91mm/dia

Fonte: EMBRAPA/SPSB. Projeto Petrolina. Implantação do Complexo de Produção de Sementes de Petrolina, PE, 1981.

tação aplicada, uniformidade de distribuição da precipitação, intensidades de aplicação e eficiência de irrigação.

Para avaliar os pivôs, durante os testes, foram coletadas as seguintes informações:

- Especificação dos sistemas (diâmetro da regante, velocidade de rotação da última torre, diâmetro do bocal dos aspersores, distância entre aspersores, etc.);
- Lâmina de água aplicada;
- Intensidade de aplicação;
- Velocidade de infiltração da água no solo;
- Evaporação da água;
- Umidade do solo após a irrigação.

Com estes dados determinaram-se os seguintes parâmetros:

- Uniformidade de distribuição da água aplicada;
- Lâmina média de precipitação por revolução;
- Eficiência de aplicação estimada (Merriam & Keller 1978);
- Perdas estimadas de água por escoamento superficial (Kincaid et al. 1969);
- Distribuição da água no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação dos quatro pivôs em uso no Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA em Petrolina. Cada parâmetro foi analisado separadamente.

TABELA 3. Resultados da avaliação técnica do Pivô Central.

Parâmetro	Pivô 1	Pivô 2	Pivô 3	Pivô 4
Precipitação média ponderada (mm)	8,94	8,98	7,77	10,38
Precipitação média de 25% do total de pluviômetros com as menores precipitações (mm)	6,31	6,38	5,99	8,37
Uniformidade de Aplicação (%)				
. Método de Merriam & Keller	70,58	71,09	77,70	81,10
. Coeficiente de Christiansen	80,00	80,06	84,62	86,97
Evaporação do "pluviômetro" durante todo o teste (mm)	0,44	0,44	0,44	0,44
Precipitação média total aplicada (mm)	9,38	9,42	8,21	10,76
Eficiência de aplicação média estimada (%)	67,3	67,7	73,0	77,8

## 1. Precipitação

As precipitações médias para os pivôs 1, 2, 3 e 4 foram de 8,94; 8,98; 7,77 e 10,38mm/dia, respectivamente. Considerando-se que a lâmina líquida projetada foi de 8,93mm, se a percolação profunda de água é desprezível, os pivôs 1 e 2 estariam aplicando a lâmina necessária. O pivô 3 estaria aplicando somente 87% da lâmina necessária e o pivô 4 estaria aplicando 16% a mais de água que a necessária.

## 2. Uniformidade de Distribuição da Precipitação

A determinação da uniformidade de distribuição da precipitação (UD) permite apreciar a homogeneidade da aplicação de água sobre a área e verificar o funcionamento do Pivô Central. Nos pivôs 1 e 2, a uniformidade de distribuição foi de 71% situando-se próxima ao limite inferior do intervalo aceitável. Segundo Merriam & Keller (1978), uma uniformidade entre 70 e 80% seria adequada para culturas como as que são exploradas no SPSB (milho, sorgo, soja, crotalaria e guandu). Análises dos dados de precipitação permitiram observar que aproximadamente 50% das áreas dos pivôs 1 e 2 receberam menos de 8,93mm de água, a lâmina líquida necessária.

No pivô 3, com uma precipitação média (7,77mm/dia), menor que a líquida necessária, a uniformidade de distribuição foi de 77,70% (Tabela 3). Da análise dos dados de distribuição da precipitação, pode-se inferir que aproximadamente 80% da área irrigada recebeu uma lâmina média de 7,38mm/dia, portanto 17% inferior à lâmina projetada. Finalmente, no pivô 4, onde a precipitação média (10,38mm/dia) apresentou-se superior à lâmina estimada, a uniformidade de distribuição foi de 81,10% (Tabela 3). Pela análise dos dados de precipitação, constatou-se que

86% da área recebeu uma lâmina média de 10,91mm, portanto 22% mais água que a necessária.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os perfis de distribuição da precipitação obtidas durante os testes de avaliação, para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

No pivô 1 (Figura 4) observa-se que a 80, 231, 271 e 432m da torre central aparecem picos máximos de precipitação o qual estaria indicando um possível vazamento ou mal funcionamento de algum aspersor nos intervalos 3, 6, 7 e 12 respectivamente. No primeiro caso é possível que algum aspersor esteja utilizando bocal não adequado. No resto dos exemplos, os picos coincidiram com áreas imediatamente vizinhas às torres de acionamento onde geralmente ocorre vazamento nas juntas das linhas dos aspersores. A 18m e a 543m da torre central observam-se dois mínimos indicando também alguma anormalidade nos intervalos 1 e 14 no pivô. É possível que alguns aspersores nos intervalos 1 e 14 estejam entupidos ou utilizando bocal não adequado.

Semelhante análise pode ser conduzida nos perfis de distribuição da precipitação para os pivôs 2, 3 e 4.

## 3. Eficiência de Aplicação

A eficiência de aplicação dos sistemas de irrigação é calculada como a razão entre a precipitação média ponderada de 25% dos menores volumes de água coletados e a precipitação média aplicada por volta. Como o sistema não dispõe de um medidor de vazão, é impossível determinar a precipitação aplicada e portanto determinar a eficiência de aplicação. Assim, a eficiência deve ser estimada. Para isto, estimou-se a precipitação média aplicada somando a precipitação média ponderada com a evaporação da água que ocorreu durante o teste.

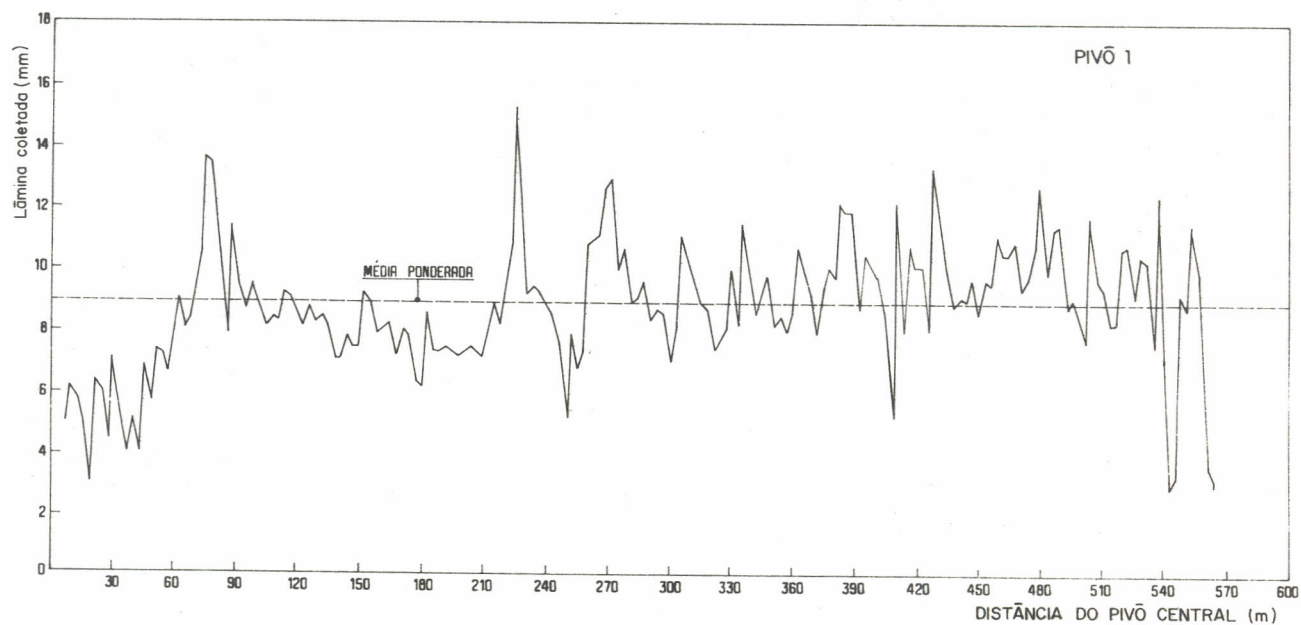


FIG. 4. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 1.

22

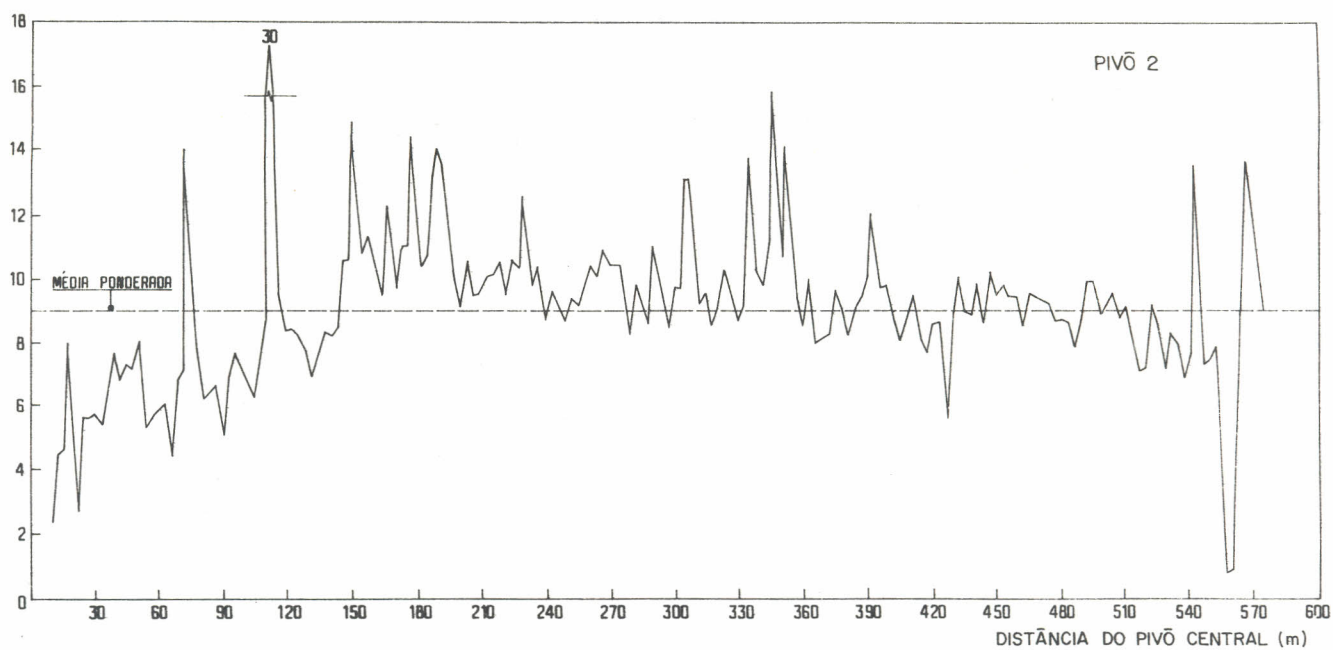


FIG. 5. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 2.

23

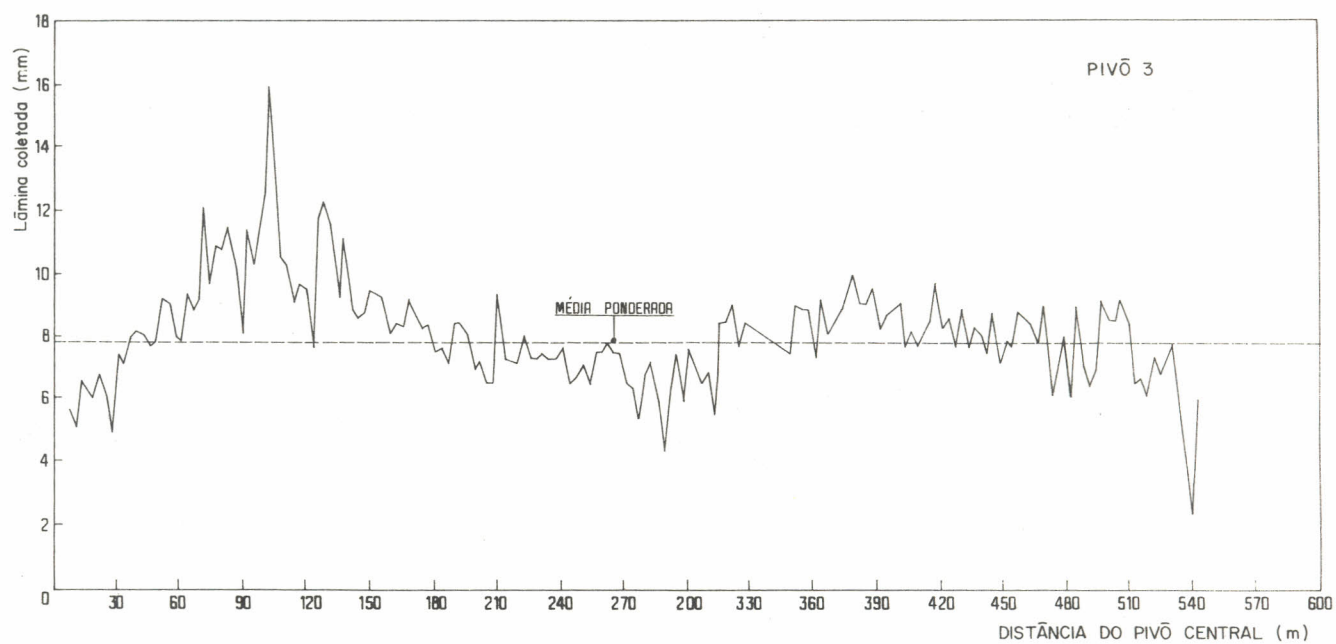


FIG. 6. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 3.

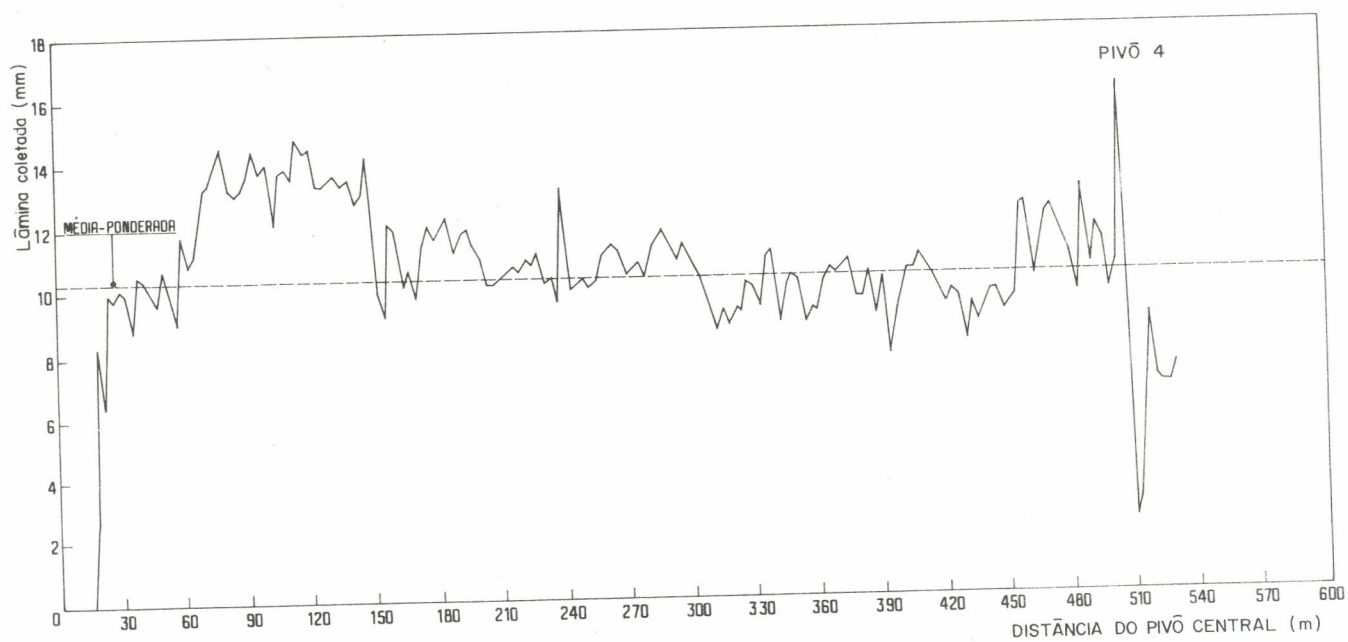


FIG. 7. Distribuição da lâmina aplicada no pivô 4.

As eficiências de aplicação estimadas para os pivôs 1, 2, 3 e 4 foram 67,3; 67,7; 73,0 e 77,8% respectivamente. A pequena diferença entre os valores de uniformidade de distribuição de precipitação e da eficiência de aplicação estimada indicam que as perdas de água por evaporação foram pequenas. Durante os testes, a evaporação média da água nos recipientes foi de 0,44mm, correspondendo de 4 a 6% da precipitação média aplicada. As baixas eficiências de irrigação encontradas nas unidades 1 e 2 estariam relacionadas principalmente com a desuniformidade de aplicação da água. Considera-se que a metodologia recomendada por Merrian & Keller (1978) subestima a evaporação da água que sai do aspersor. Esta metodologia mede a evaporação que ocorre na superfície livre da água recolhida nos pluviômetros e não a evaporação que ocorre durante o transcurso da partícula de água precipitada desde o bocal do aspersor até a superfície do solo. Assim, a metodologia não considera o efeito do vento nem o tamanho da partícula de água, fatores de grande importância no processo de evaporação da água aplicada em forma de chuva, como é o caso da irrigação por aspersão.

#### 4. Escoamento Superficial

Um dimensionamento adequado de um sistema de irrigação por aspersão não deve permitir perdas de água no campo por deflúvio superficial. No entanto, uma inspeção visual da área durante a irrigação permitiu observar escoamento superficial nos extremos dos pivôs. Também observou-se escoamento em algumas áreas com pronunciada declividade. Em muitos casos, esta água escoava pelas marcas deixadas pelos pneus dos pivôs, indo depositar-se nas partes baixas da área irrigada ou escoando para fora desta.

A fim de estimar-se as perdas potenciais de água por escoamento superficial, plotaram-se num mesmo gráfico a

intensidade de aplicação do pivô versus a velocidade de infiltração de água no solo. Segundo Kincaid et al. (1969) o escoamento superficial potencial corresponde à área da curva da intensidade de aplicação que fica sobre a velocidade de infiltração de água no solo. As Figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam estas relações para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Para os pivôs 1, 2 e 3, os testes foram feitos no solo da unidade 37 BC, considerando-se que esta unidade de solo representa uma percentagem importante das áreas irrigadas. É precisamente sobre este solo onde se produz o maior escoamento superficial.

A análise das Figuras 8 a 11 permite deduzir que as perdas potenciais de água por escoamento superficial nos intervalos indicados são da ordem de 11; 4; 15 e 5% para os pivôs 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Considerando que as perdas de água por escoamento superficial ocorreram principalmente no extremo do pivô, onde a intensidade de aplicação de água foi maior que a velocidade de infiltração, para fim de avaliação, considerou-se o escoamento superficial de toda a área irrigada como desprezível. Desta forma, a estimativa da eficiência de aplicação da precipitação proposta por Merrian & Keller (1978), usada na avaliação, não apresenta restrições. Se se tivessem constatado altas perdas de água por escoamento superficial em toda a área do pivô, para efeito de avaliação, estas perdas deveriam adicionar-se à precipitação coletada e, neste caso, a eficiência de aplicação seria calculada em função da lâmina bruta projetada (11,91mm/dia).

#### 5. Efeito da Irrigação no Desenvolvimento das Culturas

No período em que a avaliação foi feita, as áreas ir

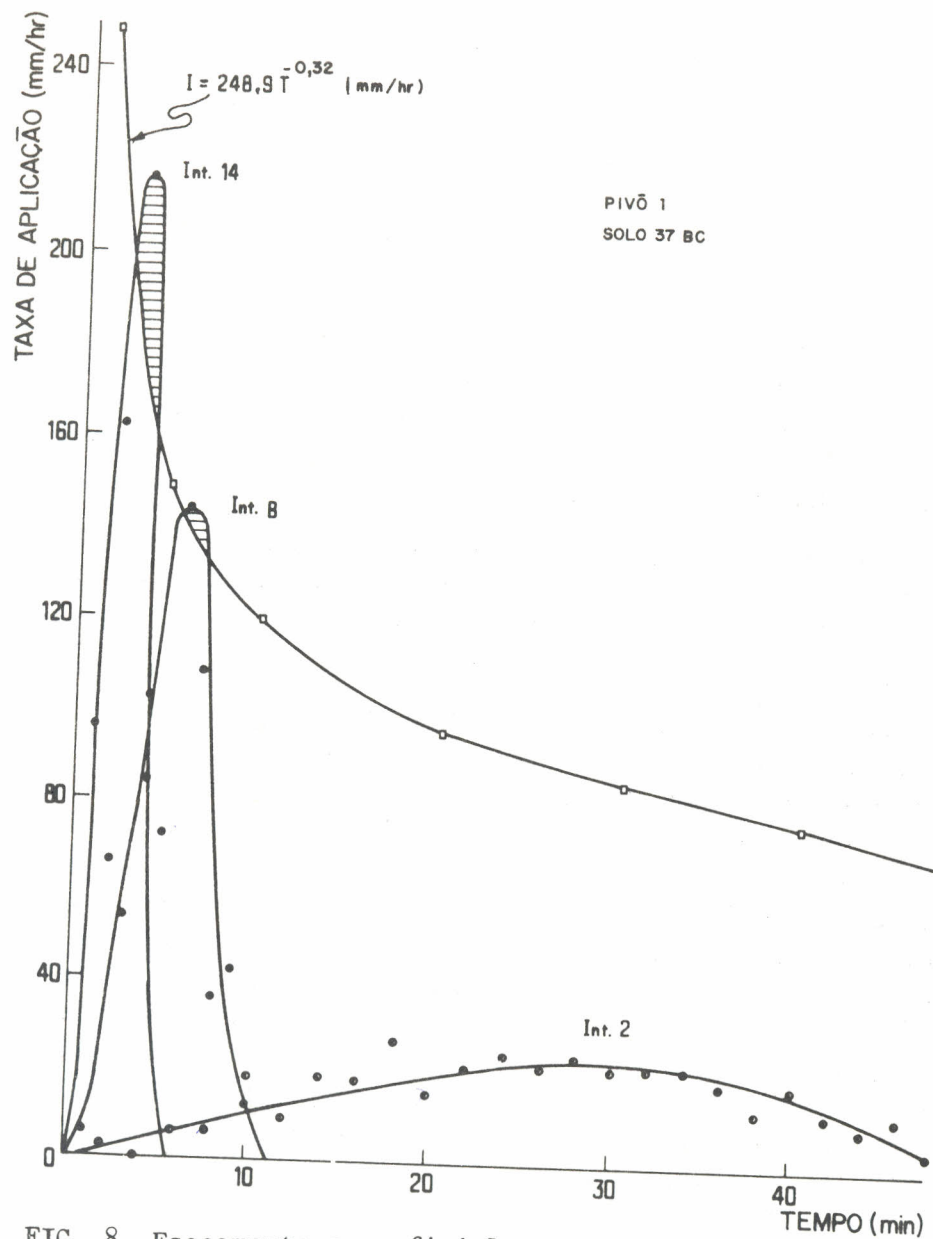


FIG. 8. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 8 e 14 do pivô 1.

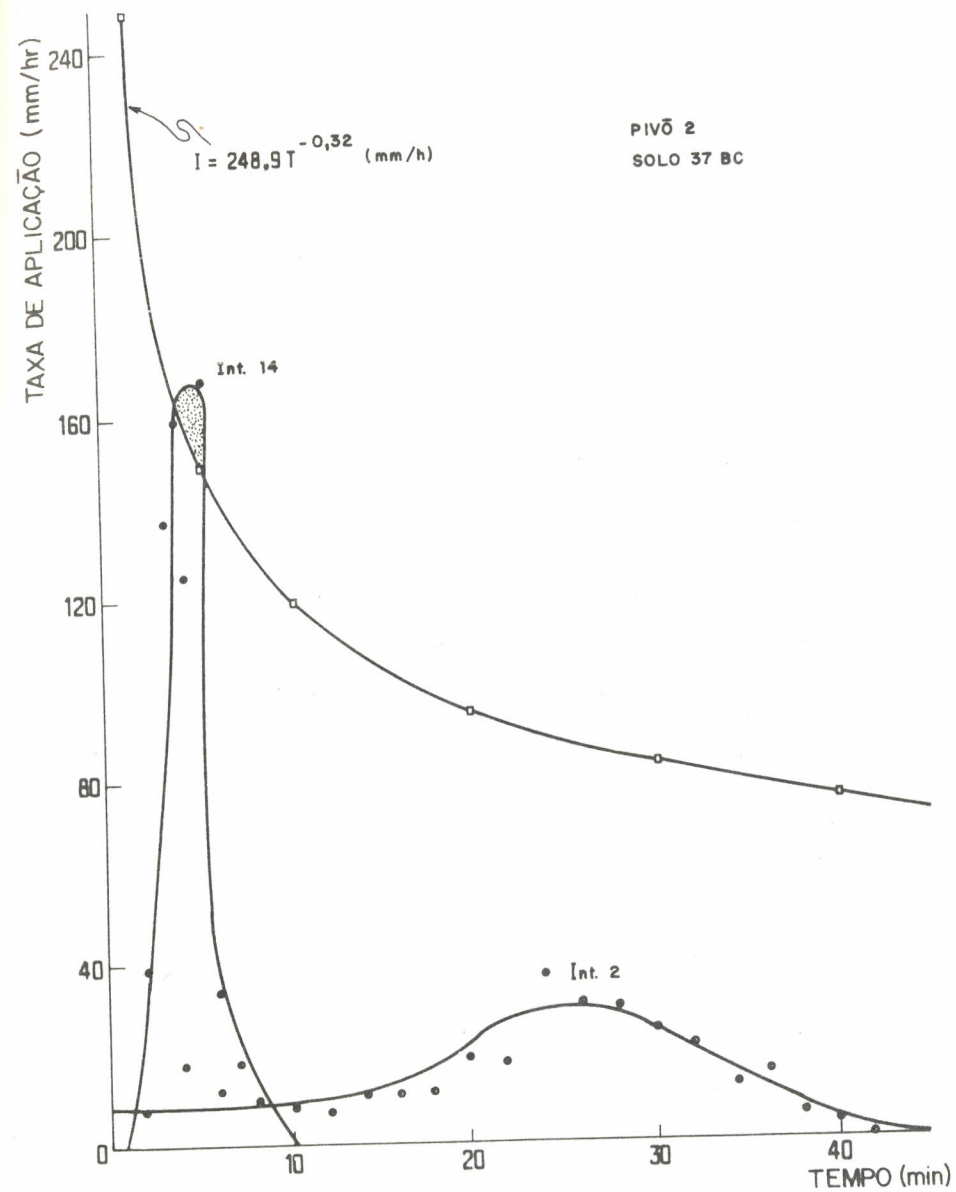


FIG. 9. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2 e 14 do pivô 2.

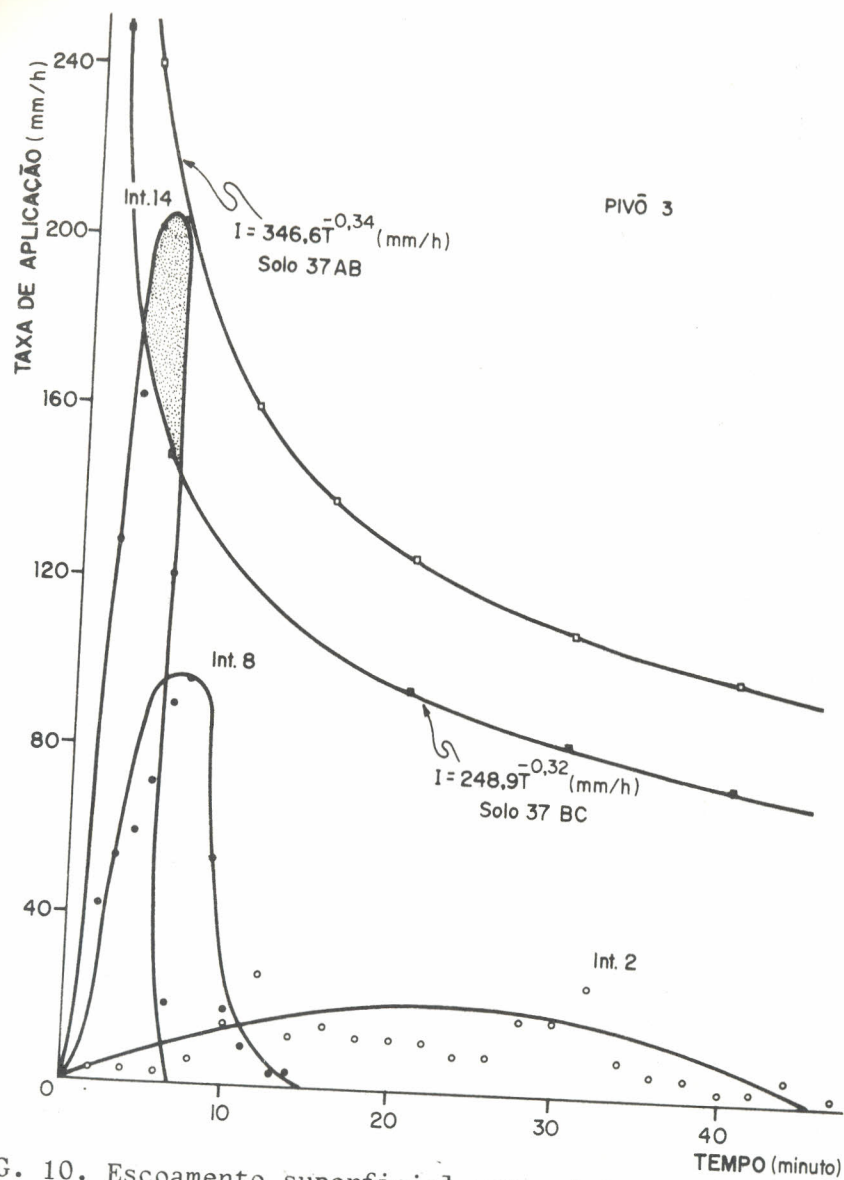


FIG. 10. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 8 e 14 do pivô 3.

30

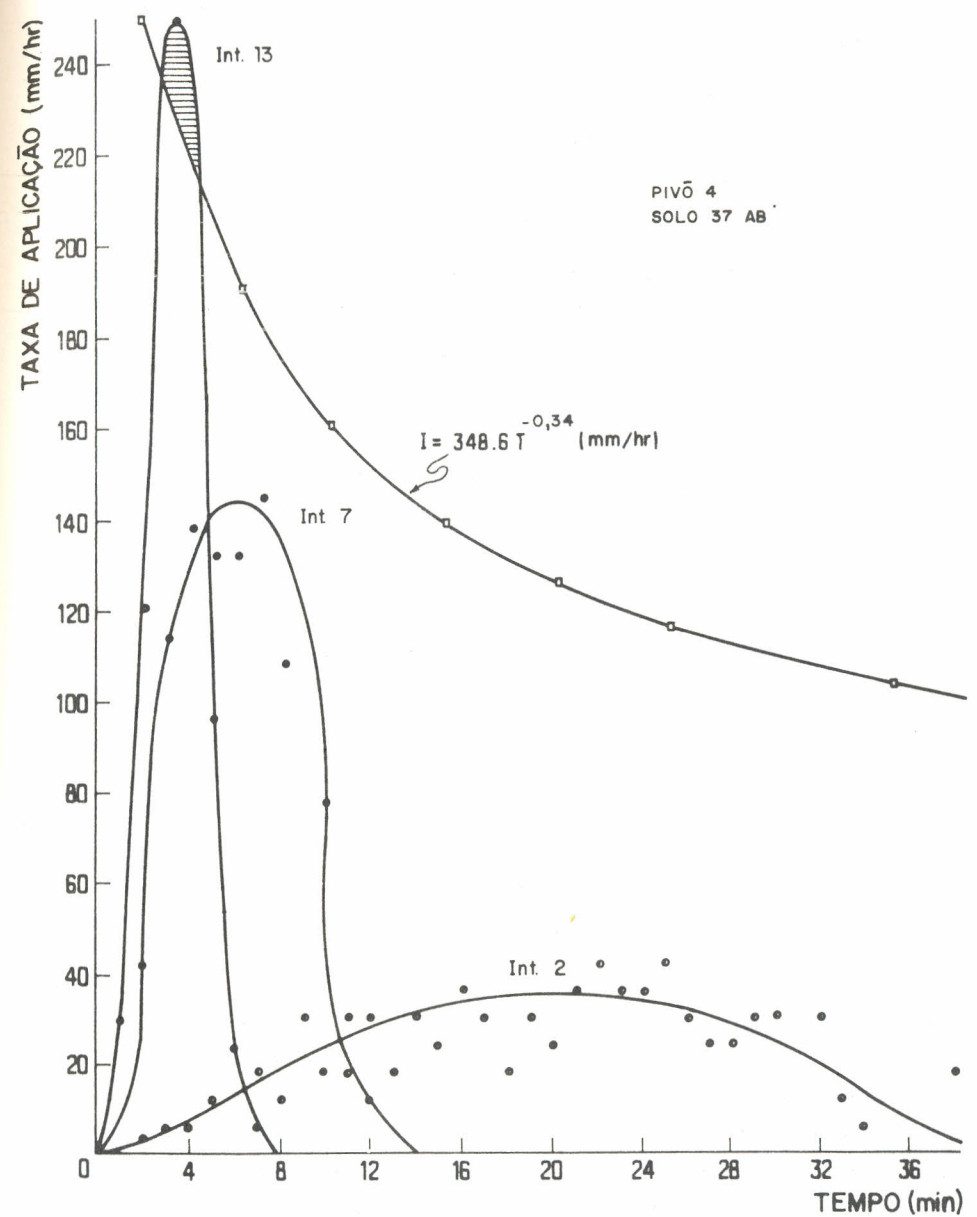


FIG. 11. Escoamento superficial potencial nos intervalos 2, 7 e 13 do pivô 4.

rigadas pelos pivôs ainda não tinham sido implantadas. Inspeções visuais posteriores, após implantação das culturas, permitiram observar os seguintes aspectos:

- Nas áreas de baixadas a água de irrigação somada à água de chuva acumulou-se formando pequenas lagoas evitando qualquer desenvolvimento de culturas.
- Nas áreas imediatamente adjacentes às lagoas, as plantas não se desenvolveram normalmente devido ao excesso de água no perfil do solo.
- Em certas manchas de solo do pivô nº 4, especialmente nos quadrantes 3 e 4 implantados com sorgo e guandu respectivamente, houve falta de água devido a problemas de solo. Recomendou-se identificar estas áreas para estudar o problema em detalhes, após a colheita da cultura.
- No resto das áreas irrigadas as plantas apresentam características normais.

## 6. Distribuição da Umidade no Perfil do Solo

As Figuras 12 e 13 apresentam a distribuição da umidade no perfil do solo, nos intervalos 2 e 14 antes e 24 horas após a irrigação, nas áreas irrigadas pelos pivôs 1 e 3 respectivamente.

Observa-se que em ambos os pivôs o conteúdo de água no solo no intervalo 2, vizinho ao feixe central, antes e após a irrigação, é maior que no intervalo 14, extremo do pivô. Isto é decorrente da baixa intensidade de aplicação e do prolongado tempo de irrigação, que condiciona uma maior oportunidade para infiltração da água no solo. Já no extremo dos pivôs ocorre o contrário: altas intensidades de aplicação num curto tempo de irrigação proporciona escoamento superficial para áreas mais baixas ou, inclu

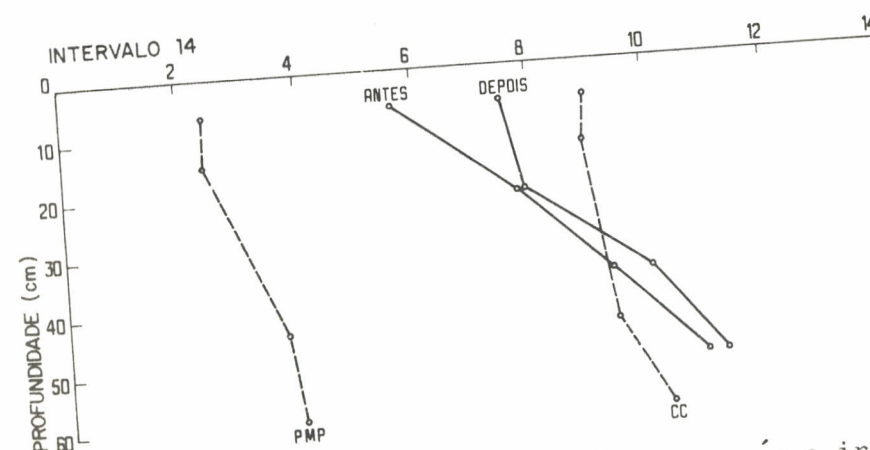
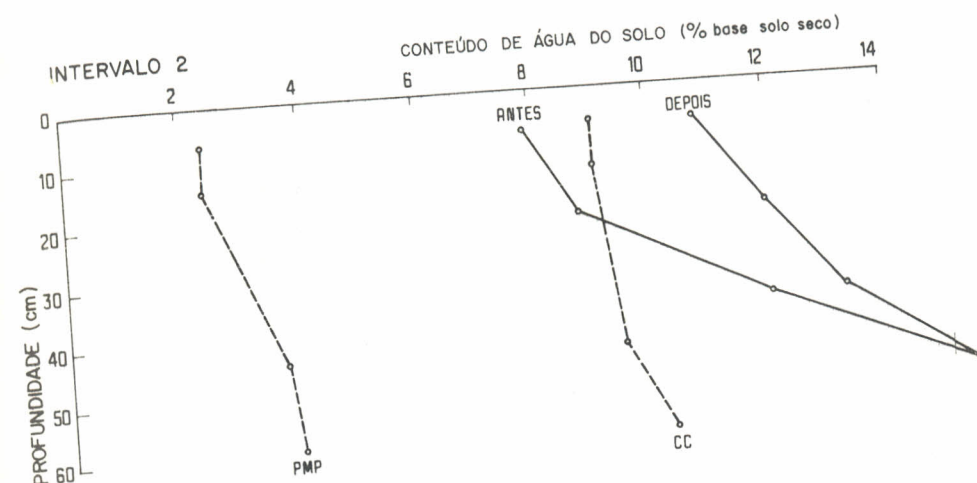


FIG. 12. Conteúdos de água do solo antes e após a irrigação como o pivô 1 (CC a capacidade de campo e PMP o ponto de murcha permanente).

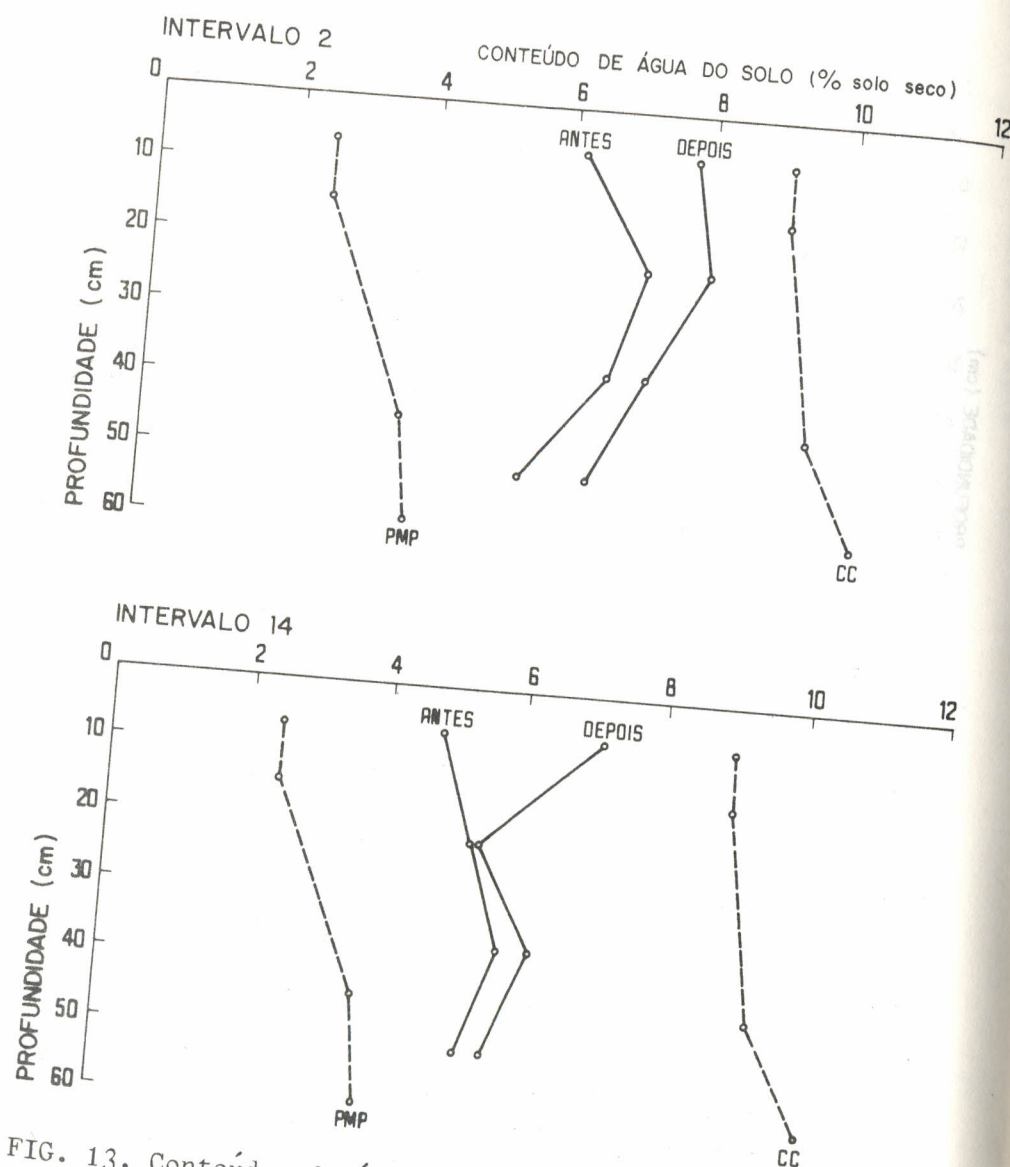


FIG. 13. Conteúdos de água do solo antes e após a irrigação com o pivô 3. (CC a capacidade de campo e PMP o ponto de murcha permanente).

sive, fora da área de irrigação reduzindo, a lâmina de água infiltrada.

Observa-se também que o conteúdo de água no solo irrigado pelo pivô 1 é maior que no solo irrigado pelo pivô 3. Assim, no pivô 3, o conteúdo de água no solo após a irrigação nunca ultrapassou a capacidade de campo (Fig. 13). Isto vem confirmar que efetivamente o pivô 3 estaria aplicando uma lâmina de água insuficiente.

Inicialmente, a frequência de irrigação foi estimada entre três e quatro dias. No entanto, prevendo-se que os pivôs estariam aplicando pouca água, durante o período inicial de desenvolvimento das culturas, passou-se a irrigar diariamente ou a cada dois dias. Em decorrência disto, não constatou-se nenhum sintoma de deficiência hídrica nas plantas dos pivôs que estavam aplicando água em quantidade insuficiente. No pivô 3, observa-se que durante a fase inicial de desenvolvimento da soja, primeiros dois meses, a água disponível do solo não desceu de 40%, o que é considerado adequado. Posteriormente, na época da floração e/ou formação das vagens, épocas em que a soja é muito sensível ao déficit de água no solo, ocorreram chuvas, mascarando qualquer déficit hídrico e evitando adequada avaliação.

#### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Verificou-se que somente o pivô nº 4 está aplicando uma lâmina de água por irrigação, adequada aos requisitos do projeto original. Constatou-se para os quatro pivôs uma perda potencial média de água por escoamento superficial de aproximadamente 9%. Estas perdas ocorreram principalmente nos solos da unidade 37 BC e nos extremos dos pivôs.

- b) As uniformidades de distribuição da água para os pivôs 1 e 2 foram da ordem de 71%, situando-se próximo ao limite inferior do intervalo aceitável.
- c) As eficiências de aplicação potenciais estimadas, nos pivôs 1 e 2, foram da ordem de 67%, valores estes considerados baixos.
- d) Com exceção de algumas áreas do pivô 4, cujos solos aparentemente apresentam problemas de compactação (hardpan), na camada compreendida entre 30 e 50cm de profundidade, não foram observados sintomas de deficiência hídrica nas culturas, decorrente da realização das irrigações numa frequência de um ou dois dias, ao invés de três ou quatro dias, como foi projetado.
- e) Embora a mudança na frequência de irrigação aparentemente tenha solucionado o problema da falta de água no pivô 3, é recomendável que o sistema de irrigação forneça a vazão adequada. Isto permitirá o uso eficiente do equipamento com conseqüente economia de água, energia e mão-de-obra. Visando regularizar a vazão do pivô 3, recomenda-se:
- verificar se a vazão da bomba é aquela indicada pela ASBRASIL (ver Anexo III). Para isto, será necessário equipar a motobomba com um dispositivo que permita registrar a quantidade de água utilizada durante a irrigação. Aliás, é recomendável que cada motobomba disponha deste equipamento, de forma a poder determinar, para cada unidade, a verdadeira eficiência do sistema de irrigação.
  - verificar as características dos bocais dos aspersores, suas pressões de funcionamento e sua variação através do comprimento do pivô. Para isto é

necessário dispor da relação de aspersores usados em cada uma das unidades e suas pressões de funcionamento que normalmente acompanham o sistema de irrigação sob a forma de manual de instruções.

- f) Recomenda-se aumentar a uniformidade de aplicação da precipitação nos pivôs 1 e 2. Um aumento da uniformidade de aplicação significará um aumento da eficiência de irrigação do sistema. A uniformidade da aplicação de água pode aumentar se forem observadas:
- irrigação em horários com menos vento;
  - melhoria das condições de trabalho do pivô;
  - colocação de extensões nos aspersores, de forma a localizá-los mais próximos da superfície do solo.

A primeira medida é difícil de ser adotada, pois o pivô trabalha 24 horas por dia. Se decide-se pela segunda alternativa, recomenda-se mudar os bicos dos aspersores nos trechos que apresentam picos de mínima ou de máxima precipitação. As Figuras 4 e 7 constituem uma valiosa ajuda para localizar possíveis problemas no funcionamento dos aspersores.

A terceira opção, embora signifique novos investimentos, é uma alternativa que deve ser considerada. O uso de aspersores deslocáveis permitirá eliminar perdas de água por evaporação e derivação do jato durante todo o ciclo de crescimento pois a altura do aspersor é regulável de acordo com a altura da cultura.

- g) Embora o escoamento superficial tenha ocorrido principalmente no extremo dos pivôs, recomenda-se, no possível, reduzir essas perdas principalmente na

ausência de um adequado sistema de drenagem. Isto pode ser feito da seguinte maneira:

- permitindo que a superfície do solo fique mais seca entre irrigações aumentando assim a capacidade de infiltração da água no solo: isto pode ser atingido reduzindo a frequência de irrigação;
- aumentando a velocidade de rotação do pivô, diminuindo portanto a lâmina de irrigação;
- diminuindo o diâmetro dos bocais dos aspersores, o que diminui a capacidade do sistema e a intensidade de aplicação de água;
- aumentando a pressão de trabalho do sistema e reduzindo o diâmetro dos aspersores de forma a manter a mesma intensidade de aplicação: isto fará diminuir o tamanho da gota de água, reduzirá seu impacto sobre o solo e conseqüentemente aumentará a infiltração;
- durante o processo de preparação do solo ou durante o plantio, utilizar um implemento que permita a construção de pequenos entalhes e/ou diques ao longo do sulco, de forma que permitam a acumulação da água sobre o solo aumentando assim a oportunidade da água para se infiltrar.

Dos métodos descritos para reduzir o escoamento, o primeiro é talvez o mais recomendado. No entanto, sua utilização será viável somente quando os pivôs estiverem aplicando as corretas lâminas de irrigação. Da forma como os pivôs 1, 2 e 3, estão atualmente trabalhando, com água insuficiente, esta medida não pode ser adotada.

- h) No caso de ser impossível reduzir as perdas de água por escoamento superficial, recomenda-se utilizar

técnicas de conservação de solos para poder utilizar esta água. Algumas destas poderão ser:

- localização das fileiras perpendiculares a declividade do terreno;
- plantio em curvas de nível;
- sulcos fechados ou parcialmente fechados;
- aração profunda.

- i) Estabelecer, o mais rápido possível, um adequado sistema de drenagem que permita eliminar o excesso de água proveniente das chuvas ou da irrigação. Isto permitirá drenar as áreas alagadas que impedem o deslocamento dos pivôs e que diminuem as áreas agrícolas.
- j) Se, após consideradas e implantadas as medidas mencionadas, ainda os pivôs 1, 2 e 3 proporcionarem baixas precipitações e eficiências de aplicação, recomenda-se revisar o projeto de irrigação, utilizando desta vez as necessidades de água, incluindo as perdas por escoamento superficial e as eficiências de aplicação determinadas. Recomenda-se repetir esta avaliação após a instalação do sistema de drenagem. Qualquer modificação da superfície das áreas irrigadas poderá mudar a performance dos pivôs.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço de Produção de Sementes Básicas, Brasília, DF. Projeto Petrolina: implantação do complexo da produção de sementes de Petrolina, PE. s.l. 1981. 75p.
- FAO, Roma, Itália. Estudio de la cuenca del rio São Francisco (segunda etapa); Brasil estudios de irrigacion e ingenieria. Roma, 1971. 301p. il 7 mapas. (FAO. Informe Técnico, 4).
- KINCAID, D.C.; HEERMAN, D.F. & KRUSE, E.G. Application rates and runoff in center pivot sprinkler irrigation. Trans. ASAE, 12(6):790-4, Nov./Dec. 1969.
- KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W. & GINER, R. eds. Handbuch der klimatologie. Berlin, Gerbrender Barntreger, 1936, v.1, Part C.
- MERRIAN, J.L. & KELLER, J. Farm irrigation system evaluation; a guide for management. Logan, Utah State University, Agricultural & Irrigation Engineering Department, 1978. 271p.

## ANEXO I

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 1

1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos
 

Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres

Baixa pressão com 172 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 104ha

Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas

Vazão Total: 515,7m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 4,959m<sup>3</sup>/h x ha

Comprimento da Tubulação: 550,3m

Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.
2. Adutora
 

1740m de tubo de aço zincado com  $\phi$  250mm; perda de carga: 3,2mca x 100 = 55,7mca.
3. Composição da Moto-Bomba
  - a) Cálculo da Altura Manométrica
 

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	55,7mca
TOTAL	-	146,2mca.
  - b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com  $\phi$  325mm; rotação: 1750rpm; vazão 515,2 = 258m<sup>3</sup>/h.  
 Pressão: 146,2 = 153mca.; rendimento = 72%.  
 Consumo de força: contínua: 203,1CV; máxima: 223,4CV.
  - c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.  
 Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 373,5KW/h.

## ANEXO II

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 2

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres

Baixa pressão com 172 aspersores

Altura livre entre torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 104ha

Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas

Vazão Total: 515,7m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 4,959m<sup>3</sup>/h x ha

Comprimento da Tubulação: 550,3m

Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

1470m de tubo de aço zincado com  $\phi$  250mm; perda de carga: 3,2mca x 100 = 47,0mca.

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	47,0mca
TOTAL	-	137,5mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com  $\phi$  320mm; rotação: 1750rpm; vazão 515,2:2 = 258m<sup>3</sup>/h.

Pressão: 137,5 = 144mca.; rendimento = 72%.

Consumo de força: contínua: 191,1CV; máxima: 210,2CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 351,3KW/h.

## ANEXO III

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 3

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo: 4071 - VSN/14-2272 com 14 torres

Baixa pressão com 172 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 104ha

Precipitação Aplicada: 12,05mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 24 1/4 horas

Vazão Total: 515,7m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 4,959m<sup>3</sup>/h x ha

Raio do Canhão Final: 25,1m; Pressão Total do pivô: 7,20atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

1430m de tubo de aço zincado com  $\phi$  250mm; perda de carga: 3,2mca x 100 = 45,8mca.

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	10,0mca
Altura de Sucção	-	5,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	72,0mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	45,8mca
TOTAL	-	136,3mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 3 estágios, com  $\phi$  320mm; rotação: 1750rpm; vazão 515,2:2 = 258m<sup>3</sup>/h.

Pressão: 136,3 = 144mca.; rendimento: 72%.

Consumo de força: contínua: 191,1CV; máxima: 210,2CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 250CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 351,3KW/h.

## ANEXO IV

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO Nº 4

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo : 4071 - VSN/13-2621 com 13 torres

Baixa pressão com 160 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 90ha

Precipitação Aplicada: 14,87mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 22,5 horas

Vazão Total: 595m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 6,61m<sup>3</sup>/h x ha

Comprimento da Tubulação: 511,7m

Raio do Canhão Final: 23,6m; Pressão Total do pivô: 8,26atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

820m de tubo de aço zincado com Ø 250mm; perda de carga: 3,0mca x 100 = 32,8mca.

## 3. Composição da Moto-Bomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	2,5mca
Altura de Sucção	-	2,0mca
Pressão de Serviço do Pivô	-	82,6mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	32,8mca
TOTAL	-	123,4mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de 2 estágios, com Ø 360mm; rotação: 1750rpm; vazão 595:2 = 297,5m<sup>3</sup>/h.

Pressão: 118,4 = 128,0mca.; rendimento = 76%.

Consumo de força: contínua: 185CV; máxima: 200CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 200CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 341KW/h.

## IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL NO SERVIÇO DE PRODUÇÃO DE SEMENTES BÁSICAS (BEBEDOURO II) II. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Hugo Orlando Carvalho Guerra<sup>1</sup>

Angel Gabriel Vivallo Pinare<sup>2</sup>

Elisaldo da Luz Pires<sup>3</sup>

Valquiria Barbosa<sup>4</sup>

**RESUMO** - Este trabalho apresenta uma metodologia de avaliação econômica, os elementos e os resultados de sua aplicação sobre o sistema de irrigação por Pivô Central. A pesquisa foi desenvolvida na área do Serviço de Produção de Sementes Básicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em Petrolina, PE. Os indicadores econômicos para realizar a avaliação de rentabilidade foram: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), e a Relação Benefício/Custo (B/C) atualizando e introduzindo fatores de risco na análise de sensibilidade. Na avaliação da capacidade de pagamento fixaram-se diversos sistemas: de amortização fixa, de prestação iguais, de

<sup>1</sup> Eng. Agr., Ph.D. Convênio IICA/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CAPTSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE. Endereço atual: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, CCT/Campus II, 58100 Campina Grande, PB.

<sup>2</sup> Especialista em Economia Agrícola, Consultor IICA/EMBRAPA, Endereço atual: Rua Tibúrcio Cavalcanti, 415, Aldeota, 60000 Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Eng. Agr., EMBRAPA-Serviço de Produção de Sementes Básicas (SPSB) Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

<sup>4</sup> Economista, EMBRAPA-CPATSA.

prestação e juros constantes e de pagamentos variáveis. Os estudos foram feitos em termos reais com os sistemas financeiros regionais e valorizados em OTN. Os resultados identificam uma série de dificuldades técnicas, econômicas e financeiras que poderiam inviabilizar o sistema de irrigação Pivô Central e que devem ser corrigidas rapidamente para tornar a tecnologia mais eficaz.

Termos para indexação: pivô central, irrigação, investimentos, custos de irrigação, Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido, Relação Benefício/Custo, Sistema de Pagamento de Investimentos, capacidade de pagamento, avaliação econômica.

## CENTRAL PIVOT IRRIGATION SYSTEM IN THE BASIC SEED PRODUCTION SERVICE (BEBEDOURO II) II. ECONOMIC EVALUATION

**ABSTRACT** - The present work presents a methodology for economical evaluation, the elements and the results of its application on the Central Pivot Irrigation System. The research was conducted in the area of the Basic Seed Production Service of the Brazilian Enterprise of Agricultural Research (EMBRAPA) at Petrolina, PE, Brazil. The economical indicators used to evaluate the rentability of the project were: the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and the Benefit/Cost Ratio (B/C), bringing up to date and introducing risk factors. During the evaluation of the payment capacity were used different systems: fixed amortization, equal

instalments, constant instalments and interests, and variable payments. The analyses were conducted under real conditions with the regional financing systems and valued in OTN (Obrigação do Tesouro Nacional). The results identified several technical, economical and financial problems which could become very difficult the use of the Central Pivot irrigation by the farmers and must be quickly modified in order to diffuse the methodology.

Index terms: central pivot, irrigation, investments, irrigation cost, Internal Rate of Return, Net Present Value, Benefit/Cost Ratio, Investments Payment System, payment capacity, economical evaluation.

## INTRODUÇÃO

Do ponto de vista técnico, o efeito positivo da irrigação na produção agrícola, especialmente em zonas áridas e semi-áridas tem sido amplamente confirmado. Isto tem trazido como consequência o uso de uma ampla variedade de sistemas de irrigação.

A avaliação dos sistemas de irrigação foi até poucos anos enfocada principalmente sob o aspecto técnico. Hoje, à medida que a prática de irrigação se faz cada vez mais sofisticada e mais onerosa (principalmente os investimentos, insumos, energia e mão-de-obra) e que a tendência é a melhoria dos recursos, a inclusão dos fatores econômicos na avaliação dos sistemas não merece dúvida alguma.

Ao contrário, talvez o aspecto econômico pese mais que os aspectos técnicos na hora de tomar decisões. Poucos são os trabalhos que têm analisado os aspectos econômicos de sistemas de irrigação a nível do produtor e muitos mais escassos são aqueles dedicados a avaliar o sistema Pivô Central, de recente introdução no Brasil e especificamente no Nordeste.

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma metodologia para avaliar economicamente um sistema de irrigação por Pivô Central.

## MATERIAIS E METODOLOGIA

### Localização da Área do Projeto

O sistema Pivô Central avaliado neste trabalho é um dos quatro em operação na área de Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA, na margem direita da BR 428, a 44km da cidade de Petrolina, PE.

### Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região pode ser considerado como Bshw, isto é, estépico de inverno seco, muito quente. A precipitação é muito irregular, com uma média anual de 400mm (BRASIL.SUDENE 1980). A temperatura média anual é de 28°C, sendo que as médias mensais variam pouco ao longo do ano. A umidade relativa média do ar em geral é baixa (60%) e a evaporação do tanque atinge uma média anual de 3.000mm.

### Solos

A área irrigada faz um círculo de 90ha de latossolo, unidades 37 AB e 37 BC, segundo a classificação da FAO (1971). Os solos da unidade 37 AB são solos profundos, mais de 1,5m de profundidade, de superfície arenosa com

transição gradual para o subsolo, barro arenoso e barro argiloso leve. Os solos da unidade 37 BC são barro arenoso e barro argiloso leve. Os solos da unidade 37 BC são solos de baixada, profundos, mal drenados, de superfície arenosa com transição abrupta para subsolo de textura pesada, fortemente cimentado.

### Características do Sistema de Irrigação

Unidade de Irrigação por aspersão automática, Pivô Central, marca VALMATIC, modelo 4071 VSN 13-2621, propulsão elétrica, treze torres acionadoras, alcance total de 535,5m, área circular irrigada de 90ha, altura livre entre as torres de 2,70 metros. Pivô de baixa pressão com spray-nozzles e canhão ZN-30 acionado por bomba Booster. O pivô é alimentado por dois conjuntos motobombas elétricas de 200cv. O pivô apresenta-se equipado com injetora de adubos líquidos ou solúveis em água e defensivos químicos. Maiores dados técnicos para o conjunto de irrigação são apresentados no Anexo I.

O pivô em questão foi avaliado tecnicamente pelo primeiro autor. Os resultados encontram-se em trabalho anterior (Carvalho G.1988) e sucintamente são apresentados na Tabela 1.

Considerando-se que a lâmina líquida projetada foi de 8,93mm, o pivô estaria aplicando 16% a mais de água que a necessária. Análises dos dados de distribuição e precipitação permitiram constatar que 86% da área recebeu uma lâmina média de 10,91mm, portanto 22% mais área que a projetada. As perdas potenciais de água por escoamento superficial foram da ordem de 5%, principalmente no extremo do pivô onde a intensidade de aplicação de água foi maior que a velocidade de infiltração. Embora a precipitação aplicada pelo pivô tenha sido adequada aos requerimentos

TABELA 1. Resultados da avaliação técnica do Pivô Central.

Precipitação média (mm)	10,38
Precipitação média de 25% do total de pluviômetros com as menores precipitações (mm)	8,37
Uniformidade de aplicação (%):	
. método de Merriam e Keller	81,10
. coeficiente de Christiansen	86,97
Evaporação do pluviômetro durante o teste (mm)	0,44
Precipitação média total aplicada (mm)	10,76
Eficiência de aplicação média estimada (%)	77,78

das culturas implantadas, verificaram-se sintomas de deficiências de água em certas manchas de solo, especialmente nos quadrantes implantados com sorgo e guandu. Isto foi atribuído a problemas de compactação na camada compreendida entre 30 e 50cm de profundidade.

#### Culturas Implantadas

A Tabela 2 apresenta as culturas e áreas implantadas durante o segundo semestre de 1983 e o primeiro semestre de 1984. A soja (*Glycine max*), o milho (*Zea mays*) e o sorgo (*Sorghum bicolor*) foram implantados com a finalidade específica de produção de sementes básicas. As leguminosas *Crotalaria* (*Crotalaria* sp.) e guandu (*Cajanus cajan*) foram estabelecidas com o duplo propósito de produção de sementes básicas e incorporação como adubo verde para melhoramento das condições físicas e nutricionais dos solos. Assim, estas culturas somente foram plantadas no segundo semestre do primeiro ano.

As culturas implantadas obedecem ao sistema de rotações proposto pelo Serviço de Produção de Sementes Básicas da EMBRAPA.

#### Metodologia Empregada: Análises

Operações de pesquisa: Visando a avaliar o desempenho da empresa como um todo e compará-la com outras empresas de pesquisa similares da área, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Acompanhamento periódico da área do Pivô Central. Neste, avaliou-se tecnicamente o desempenho do pivô e levantou-se uma série de dados necessários para a avaliação econômica;
2. Visitas periódicas à sede administrativa do Serviço de Produção de Sementes Básicas com a finalidade de

TABELA 2. Culturas e áreas implantadas no SPSB durante o período 83/84.

Culturas	Área Implantada (ha)	
	2º Semestre 1983	1º Semestre 1984
Soja	16,0	54,0
Milho	22,0	-
Sorgo	22,0	-
Guandu	12,5	4,0
Crotalaria	13,0	-
Feijão vigna	-	30,0
TOTAL	85,5	88,0

52

53

levantar todas as informações necessárias sobre cus  
tos e produtos;

3. Visita aos bancos comerciais da região a fim de obter informação sobre crédito e forma de pagamentos;
4. Visita ao INCRA para obter informação sobre impostos da terra;
5. Visita a firmas comerciais de equipamentos de irriga  
ção a fim de obter custos de equipamentos, informações sobre a vida útil dos mesmos, novas tecnologias, etc ;
6. Visita à CICANORTE, complexo agroindustrial que possui equipamentos de irrigação similares aos analisados no presente estudo. Este empreendimento agrícola, de ca  
ráter privado, fica localizado na mesma região e uti  
liza culturas similares às do projeto em questão;
7. Visita a produtores da região a fim de obter opiniões e/ou informações sobre o uso do Pivô Central na re  
gião. Para isto, visitaram-se produtores com diferen  
tes níveis de conhecimentos tecnológicos.

#### Estudos e Levantamentos

Para se iniciar uma exploração agropecuária, necessi  
ta-se de recursos e capital, o qual divide-se segundo Vivallo e Williams (1984b) em capital de inversão e capi  
tal de operação. O capital de inversão (avaliado em OTN) constitui a base física da produção e participa direta ou indiretamente do processo produtivo. É constituído pela terra e pelas benfeitorias. No presente estudo, a terra foi avaliada de acordo com o seu valor de terra nua, an  
tes da instalação das benfeitorias.

As benfeitorias de inversão direta, tais como obras de desmatamento, sistematização e irrigação (canais) são

inventariadas separadamente das benfeitorias agrícolas (capital de inversão passivo) como casas de bomba, bases do pivô, cercas, instalação elétrica e construções. Benfeitorias agrícolas ativas, como áreas frutíferas, flores tais e/ou forrageiras permanentes não existiam.

No presente trabalho somente considerou-se o capital de operação fixo estável, constituído pelo sistema de irrigação Pivô Central. Todo o resto do capital operacional estável, como máquinas, utensílios agrícolas e ferramentas foram incluídos nos custos de operações, pois alugam-se quando necessários. O mesmo acontece para o capital de operação circulante.

A Tabela 3 apresenta uma relação dos investimentos com sua participação em percentagem no total. Observa-se que o sistema de irrigação significa quase 40% do total dos investimentos. Assim, sua introdução deverá produzir uma rentabilidade satisfatória e/ou importantes benefícios sócio-econômicos (externalidades do projeto), de tal forma que o empreendimento seja justificável. Poder-se-iam considerar, como externalidades do projeto, entre outros, os seguintes:

- a) que o projeto produza sementes para os agricultores de baixa renda;
- b) que o projeto absorva um grande volume de mão-de-obra e/ou aumente o volume de impostos, devido ao aumento de transporte de mercadoria (ICM);
- c) que a produção de sementes e/ou produtos na região reduza os preços no mercado;
- d) que, com a produção de sementes, diminua sua importação;
- e) que estimule a incorporação de outras unidades de produção neste sistema.

TABELA 3. Investimentos em OTN e participação de cada novo investimento total (em %).

Investimento	em OTN	em %
a) Terra	5.652,27	14,07
b) Desmatamento e sistematização	3.717,63	9,26
c) Canais de irrigação	9.791,86	24,38
d) Casa de bombas	1.145,78	2,85
e) Bases dos pivôs	105,34	0,26
f) Instalação elétrica	3.308,01	8,24
g) Cerca	679,30	1,70
h) Sistema de irrigação	15.761,00	39,24
TOTAL	40.161,19	100,00%

Se, mesmo assim, o projeto não for viável, deve-se pensar em utilizar outro sistema de irrigação que não possua este alto investimento.

Em segundo lugar, em volume de investimento, tem-se os canais de irrigação de alto custo, por serem totalmente em concreto. Em terceiro lugar, o desmatamento e sistema tização da terra e, em quarto lugar, a instalação elétrica do Pivô Central.

### Estudo de Custos

Custos fixos: São aqueles que se mantêm constantes, independentemente da quantidade produzida. No presente trabalho os custos foram valorizados em OTN e são os seguintes:

- . depreciação;
- . manutenção do ativo (pivôs, canais e estradas, instalações elétricas);
- . administração;
- . impostos;
- . seguros;
- . direitos de água.

Depreciação: Foram depreciados o sistema de irrigação Pivô Central, a casa de bomba, os canais de irrigação, a base do pivô e as cercas. Na depreciação anual para o pivô considerou-se uma vida útil de 10 anos. A vida útil para a casa de bomba, base do pivô e canais foi de 20 anos. Para a cerca também foi de 10 anos. Quando termina a vida útil do bem, considera-se que o valor residual deste seja igual a zero. Para o cálculo de indicadores econômicos como o TIR, VPL e B/C, a depreciação foi acrescentada à renda líquida.

Manutenção do ativo: Consideraram-se os custos no reparo e manutenção do sistema de irrigação, a manutenção de canais e de estradas e os gastos com reparo de instalações elétricas.

Administração: Como o pivô é desenhado para irrigar 90ha, o projeto será suficientemente grande para ter custos de administração. No presente estudo ficou avaliado em 14,24% dos custos totais.

Aqui também serão incluídos os custos com um agrônomo que supervisionará a produção de sementes básicas e os custos de um técnico agrícola, necessários para a execução da exploração.

Impostos: Foram levantados no INCRA os impostos sobre a terra. Para a área onde a terra está localizada, o imposto correspondeu a um máximo de 0,9% do valor da terra nua (VTN), ou seja, 8,23 OTN por ha, valor definido pela Portaria do Ministério da Agricultura.

Seguros: 1% dos custeios.

Direitos de água: Valor fixo mensal cobrado pelo uso da água do Rio São Francisco.

Custos variáveis: São aqueles que dependem do esforço de produção. Na presente avaliação o levantamento dos custos foi por sistema de cultivo, acompanhando-se dia a dia os custos empregados para cada cultura. Os custos variáveis podem ser divididos em:

- . sementes;
- . adubos;
- . inoculantes;
- . defensivos;

- . lubrificantes;
- . mão-de-obra;
- . maquinaria;
- . água;
- . energia;
- . comercialização.

O valor dos insumos (sementes, adubos, inoculantes, defensivos e lubrificantes) foi obtido no comércio local na época do estudo e calculado em OTN. A mão-de-obra foi cotada a 0,27 OTN dia/homem e a 0,18 OTN dia/mulher. A hora trator V-88 e V-118 a 2,24 e 3,14 OTN-hora. A colheita a 4,20 OTN por hora. As operações mecanizadas de aração, gradagem e sulcamento a 1,08 OTN por hora.

Além dos direitos de água, que é um valor constante, o projeto paga de acordo com o consumo. O mesmo acontece com a energia elétrica gasta durante a irrigação. Os custos de comercialização foram calculados segundo a quantidade de produção comercializada, atingindo portanto 3,24% dos custos variáveis.

A Tabela 4 apresenta os custos totais (fixos + variáveis) da produção do 2º semestre de 1983 corrigida para OTN. A participação de cada custo é expressa em %, com respeito ao custo total da produção.

A Tabela 4 permite observar que os custos fixos correspondem aproximadamente a 35% dos custos totais, sendo o mais elevado os custos de administração e, dentro deste item, os salários do agrônomo e do técnico agrícola que exerceram um papel preponderante. Dentro dos custos variáveis, o uso de maquinaria agrícola e fertilizantes significam uns 50% dos custos variáveis.

TABELA 4. Custos fixos variáveis (em OTN) e participação de cada um nos custos totais.

Custos	em OTN		% do Total	
Custos fixos:				
. depreciação	1.576,10		9,07	
. manutenção do ativo	115,36		0,66	
. administração	2.474,65		14,24	
. comercialização	562,62		3,24	
. impostos	4,24		0,03	
. seguros	141,68		0,82	
. direitos de água	72,66		0,42	
. reserva técnica	1.181,48		6,80	
TOTAL CUSTOS FIXOS	6.128,79		35,28	
Custos variáveis	2º Semestre 1983		1º Semestre 1984	
	Corrigido P/OTN		Corrigido P/OTN	
	em OTN	% do Total	em OTN	% do Total
Sementes	79,79	0,46	72,23	0,42
Adubos	1.288,38	7,41	1.166,37	6,71
Inoculantes	1,38	0,01	1,25	0,01
Defensivos	450,35	2,59	407,70	2,35
Lubrificantes	13,58	0,08	12,29	0,07
Calcáreo	578,08	3,33	523,33	3,01
Mão-de-obra	662,08	3,81	599,38	3,42
Maquinaria	1.637,86	9,42	1.482,75	8,53
Água	635,27	3,65	575,11	3,31
Energia elétrica	558,94	3,22	506,02	2,91
TOTAL CUSTOS VARIÁVEIS	5.905,71	33,98	5.346,43	30,74
CUSTOS TOTAIS			17.380,93	

## Estudo de Produção

Os produtos são todos bens e serviços gerados com re cursos do empreendimento (Vivallo & Williams 1984b). O presente estudo refere-se à produção agrícola e especificamente à produção vegetal. Esta produção pode se destinar para estoque, sementes, consumo animal ou humano, adubo verde e venda. No estudo, a produção foi dedicada principalmente à produção de semente básica, adubação verde e consumo animal.

Os preços dos produtos foram cotados em OTN de acordo com o mercado da época. Quando o produto foi destinado a adubo verde, através de sua incorporação no solo, o produto foi considerado igual aos custos totais. Os subprodutos da produção de sementes (sementes de qualidade) foram dados aos animais e seu valor foi considerado igual aos custos totais.

### Indicadores Econômicos

Para se avaliar o projeto de irrigação utilizaram-se três indicadores econômicos:

- Valor Presente Líquido;
- Relação Benefício/Custo;
- Taxa Interna de Retorno.

### Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é a soma algébrica do fluxo de caixa para um período determinado, a uma taxa de juros ou de descontos definida. Matematicamente pode ser representada pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{X_t}{(1+r)^t}$$

onde:

- $X_t$  = benefício líquido
- $r$  = taxa de desconto
- $t = 1, 2, \dots, n$
- $n$  = número de ano

VPL é o valor atual dos benefícios líquidos que avalia em moeda vigente qual será o lucro que o investidor terá aplicando em um projeto, ao invés de fazê-lo em outra alternativa como a poupança. Para se julgar a viabilidade do projeto, usando este método, é necessário saber qual a taxa mínima que satisfaz o objetivo do produtor. Se o resultado for zero ou positivo aprova-se o projeto. Se negativo, rejeita-se.

### Relação Benefício/Custo (B/C)

A relação benefício/custo atualizado evidencia o montante total dos benefícios e expressa a proporção dos custos totais do projeto. O cálculo é semelhante ao VPL, a única diferença consiste em obter separadamente os valores descontados das entradas e saídas.

Matematicamente pode ser representado pela seguinte relação:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{B_t}{(1+c)^t}}{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Se a relação B/C é maior que 1, o projeto é rentável.

### Taxa Interna de Retorno (TIR)

Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que torna nulo o valor presente líquido de um projeto.

É calculado resolvendo a equação seguinte:

$$TIR = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{X_t}{(1+r)^t} = 0$$

O cálculo da TIR se faz interativamente até atingir VPL = 0.

Uma vez determinada a viabilidade econômica do investimento, considerar-se-á a capacidade de pagamento de crédito do produtor, requisito indispensável para a obtenção de qualquer tipo de crédito rural. O estudo tentará localizar os fatores que influenciam positiva ou negativamente na capacidade de pagamento do agricultor e também tentará direcionar e orientar os recursos com mais eficiência.

#### O Risco

Em toda avaliação de projeto deve ser incluído um cálculo de risco. Sempre existe a possibilidade de que, devido a razões endógenas e/ou exógenas, exista uma possível variação no produto econômico do projeto, o que significa resultados positivos ou negativos. O que mais interessa é reduzir o risco de diminuição do produto econômico. Para isto, é necessário processar cuidadosamente as informações do projeto, de maneira que as projeções estimadas sejam confiáveis. Por outro lado, devem efetuar-se ajustes empíricos dos custos e produtos considerando o risco para garantir resultados realistas. Em relação ao grande e complexo volume de informação envolvida, geralmente geram-se dois tipos de riscos:

- os ligados aos componentes internos do projeto e aos prognósticos, sujeitos a controle parcial (fontes endógenas de risco);

- os ligados aos fatores externos, sem controle, ou fontes exógenas de risco (pragas, clima, doenças, mudanças tecnológicas, mudanças nos hábitos de consumo, variação nos preços dos fatores de produção, lei de reforma agrária, políticas tributárias, etc.).

Sobre os riscos exógenos tem-se pouco ou nenhum controle. Sobre as fontes endógenas de risco, o controle é maior. Em relação aos riscos futuros podem-se projetar valores e estes podem ser estimados a partir de hipóteses pessimistas, otimistas ou médias. No presente trabalho faz-se uma análise de sensibilidade para medir em que magnitude uma alteração predeterminada modifica a rentabilidade do projeto. Esta análise foi feita variando as rotações, as produções, os custos e as receitas de produção. Deste modo foi possível identificar as alternativas mais sensíveis e as de maior rentabilidade.

Tanto nos cálculos dos índices econômicos como na análise de sensibilidade houve variações nos pagamentos dos investimentos, executados através do computador, utilizando um programa que permite calcular simultaneamente o TIR, o VPL e a relação B/C. Este programa é apresentado no Anexo III.

#### Capacidade de Pagamento do Crédito

Quando um produtor não dispõe de recursos internos próprios para implantar um projeto de irrigação, ele deverá recorrer a recursos externos originados de empresas, bancos, financeiras ou mercado paralelo. Neste caso, o irrigante ao apresentar seu projeto a um agente financeiro qualquer, deverá demonstrar capacidade de pagamento. Esta capacidade de pagamento não é definida pelos indicadores econômicos relacionados anteriormente. É bem possível que o projeto tenha uma alta Taxa Interna de Retorno ou uma rela

ção Benefício/Custo alta e ainda, o projeto não seja capaz de pagar os juros, serviços da dívida e amortizações anuais dos investimentos. Considera-se que a capacidade de pagamento do projeto é igual à renda líquida mais a depreciação. Na época da realização do estudo, 1984, para o Nordeste, o Sistema de Crédito Rural financiava projetos de irrigação com juros de 35% ao ano, com prazo de cinco anos para investimentos e a juros de 35% ao ano para o crédito agrícola de custeio (ambos os créditos sem correção monetária).

As agências financeiras usavam comumente o sistema de pagamento fixo em que os valores das prestações são fixas e os juros diminuem com as prestações.

No presente trabalho foram usadas as condições anteriores, utilizando os dados dos anos da carência que os bancos permitem, para posteriormente simular outras condições de financiamento do projeto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta os investimentos, custos e benefícios obtidos durante um ano agrícola completo do Projeto de Irrigação avaliado. No estudo, este ano foi considerado como o ano 1 do projeto. A tabela é um resumo de todos os investimentos, custos e benefícios coletados individualmente na produção de soja, milho, sorgo, guandu e crotalaria durante o 2º semestre de 1983; soja e feijão no 1º semestre de 1984. A informação por cultura, para o 2º semestre de 1983, é apresentada no Anexo II.

Na Tabela 5, as despesas e receitas são valores obtidos sob condições normais de funcionamento do sistema de Irrigação Pivô Central e expressas em OTN (Obrigações do Tesouro Nacional). Observa-se o alto valor dos investi

TABELA 5. Investimento, custos e benefícios do projeto irrigado pelo Pivô Central.

a) Investimentos (terra, aquisição e implantação do sistema de irrigação, infra-estrutura).....			40.161,19 OTN
b) Custos fixos anuais:			
- manutenção do ativo, depreciação, impostos, seguros, água, administração comercial, comercialização.....			4.947,31 OTN
- reserva técnica (6,8% dos custos totais).....			1.181,48 OTN
TOTAL CUSTOS FIXOS.....			6.128,79
c) Custos variáveis (Operacionais):			
	2º Semestre 1983	1º Semestre 1984	Total (em OTN)
Soja	1.185,21	4.009,12	5.194,33
Milho	1.474,90	-	1.474,90
Sorgo	1.574,25	-	1.574,25
Guandu	748,33	-	748,33
Crotalaria	937,00	-	937,00
Feijão Vigna	-	1.323,33	1.323,33
TOTAL	5.919,69	5.332,45	11.252,14
d) Custos totais anuais = 6.128,79 + 11.252,14 = 17.380,93.			
e) Benefícios (em OTN).			
	2º Semestre 1983	1º Semestre 1984	Total
Soja	2.118,17	6.955,25	9.073,42
Milho	-	-	-
Sorgo	3.942,60	-	3.942,60
Guandu	1.628,07	-	1.628,07
Crotalaria	925,70	-	925,70
Feijão vigna	-	2.411,93	2.411,93
TOTAL	8.614,54	9.367,18	17.981,72

mentos iniciais que, como explicado anteriormente, quase 40% deles correspondem à aquisição do sistema de irrigação.

A avaliação do projeto foi feita para um período de cinco anos, usando-se vários indicadores econômicos. Considerou-se que as despesas e receitas obtidas durante o primeiro ano serão repetidas nos outros quatro anos seguintes. Trabalhou-se com preços constantes, ou seja, os mesmos preços usados nos cálculos de fluxo líquido no primeiro ano foram usados para os anos seguintes. Desta forma tentou-se contornar o problema de projeção dos preços individuais para todos os anos do horizonte de análises.

A Tabela 6 apresenta as rendas líquidas obtidas durante o ano 1 do projeto e as estimadas para os quatro anos restantes. No ano 5, os benefícios brutos totais incluem o valor residual do investimento.

A Tabela 7 apresenta os resultados da avaliação econômica do projeto em questão. O valor presente líquido negativo de - 13.348,54 OTN indica que os lucros do projeto não pagam o investimento utilizado ou seja, durante os cinco anos o projeto gera um prejuízo de 13.348,54 OTN.

Ao analisar a Taxa Interna de Retorno, observa-se que o valor é igual a 1,70%, menor que a taxa de juros em termos reais (12%). Isto indica que, ao investir neste tipo de projeto, o produtor beneficia-se menos do que investindo em outra alternativa, como a poupança.

Analisando o projeto baseado na relação Benefício/Custo, observa-se que esta é menor que 1 (um), o que indica que os benefícios são menores que os custos e que o projeto não é rentável. Para cada cruzado investido no projeto, existe um retorno de 0,87 cruzado.

TABELA 6. Renda líquida anual para os cinco anos do projeto.

Anos	Benefícios Brutos Totais + Depreciação Em (OTN)	Custos Totais (OTN)	Renda Líquida (OTN)
1	20.402,63	17.380,93	3.021,70
2	20.402,63	17.380,93	3.021,70
3	20.402,63	17.380,93	3.021,70
4	20.402,63	17.380,93	3.021,70
5	48.459,29*	17.380,93	31.078,36

\*Incluído o valor residual do investimento.

TABELA 7. Avaliação econômica do projeto irrigado por Pi-  
vô Central, para um período de cinco anos.

---

a) Investimento Inicial:	40.161,19 OTN
b) Renda líquida + Depreciação:	
Ano 1:	3.021,70 OTN
Ano 2:	3.021,70 OTN
Ano 3:	3.021,70 OTN
Ano 4:	3.021,70 OTN
Ano 5:	31.078,36 OTN
c) Valor Residual do Investimento:	28.056,66 OTN
d) Indicadores Econômicos:	
. Valor Presente Líquido:	- 13.348,54 OTN
. Taxa Interna de Retorno:	1,70%
. Relação Benefício/Custo:	0,87

---

Observa-se que os três indicadores econômicos indicam que o projeto de irrigação não é rentável. Os métodos do Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) permitem avaliar e hierarquizar os projetos de acordo com a sua rentabilidade. A relação Benefício/Custo (B/C) somente permite avaliar um projeto individual. Não é apropriada para hierarquizar projetos, pois é expressa por unidade de custo e não considera o tamanho do projeto.

As causas do projeto de irrigação não ter sido rentável foram as seguintes:

- durante o 2º semestre de 1983, devido a problemas fitossanitários, 22ha de milho não produziram, perdendo-se totalmente a produção;
- a produção do feijão no 1º semestre de 1984 teve índices de aproximadamente 50% da produção normal da área, por terem sido conduzidos testes experimentais nas áreas implantadas;
- importante área de guandu, 9,5ha, foi incorporada como adubo verde: neste caso o benefício foi considerado igual aos custos totais;
- o resto da área implantada com guandu, 3ha, da qual colheram-se sementes, foi aproveitada apenas em um semestre, sendo incorporada posteriormente;
- uma área de 1,5ha de crotalaria foi incorporada como adubo verde, considerando-se neste caso o benefício igual aos custos totais.

Apesar do projeto não ter se apresentado economicamente rentável, foi conduzida uma análise da capacidade de pagamento das dívidas através do cálculo do Saldo Lí-

quido Final. A Tabela 8 apresenta estas análises para um investimento inicial de 40.161,19 OTN com prazo de pagamento de cinco anos (dois anos de carência) e juros de 35% ao ano sem correção. Observa-se, como esperado, que o desempenho do projeto nessa forma não tem capacidade de pagamento das dívidas. Com exceção do quinto ano, onde se inclui o valor residual, o fluxo de caixa não é suficiente para saldar as dívidas.

### Análises de Sensibilidade

Recalculam-se os indicadores econômicos, usando-se novos fluxos de caixa líquidos, para as seguintes situações:

- Alternativa I: o primeiro ano permanece igual à situação atual (Tabela 2). Nos quatro anos restantes as culturas são as mesmas, mas o milho atinge uma produção de 3.800kg/ha, o que significa um benefício extra anual de 5.380,46 OTN.
- Alternativa II: o primeiro ano permanece igual à situação atual. Nos quatro anos restantes se produz 3.800kg/ha de milho e a produção de feijão é elevada a valores médios da região.
- Alternativa III: o primeiro ano fica igual à situação atual. Nos quatro anos restantes se produz milho e feijão com produções médias da região.
- Alternativa IV: o primeiro ano fica igual à situação atual. No segundo ano se produz milho e feijão com produções médias da região. No terceiro ano a produção de todas as culturas aumenta em 10%. No quarto ano a produção das culturas volta a aumentar em mais 10%, e no quinto ano, verifica-se o mesmo resultado encontrado no quarto ano.

TABELA 8. Cálculo do saldo líquido final (em OTN).

Ano	Dívida	Amortização	Juros 35%	Pagamento Anual	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final
1	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	6.212,12	- 7.844,30
2	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	6.212,12	- 7.844,30
3	26.774,13	13.387,06	14.056,42	27.443,48	6.212,12	- 21.231,36
4	13.387,06	13.387,06	9.370,95	22.758,01	6.212,12	- 16.545,89
5	-	13.387,06	4.685,47	18.072,53	34.268,78*	+ 16.196,25

\*Incluído o valor residual do investimento.

- Alternativa V: o primeiro ano fica igual à situação atual. No primeiro semestre do segundo ano toda a área é plantada com milho, com produções médias da região. No segundo semestre do segundo ano, utilizam-se as produções médias de soja e feijão da região e os três anos restantes são iguais ao segundo ano.

As Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam os resultados das análises de sensibilidade para os cinco modelos alternativos. Como atualmente o projeto mostra-se não rentável, todas as alternativas apresentadas mostram situações melhoradas. Observa-se que, aproximadamente todas as alternativas seriam economicamente viáveis. Todas as Taxas Internas de Retorno são positivas, superiores a 12%.

O valor do produto líquido é positivo e a relação Benefício/Custo maior que 1. Assim, se os investimentos iniciais e os custos foram pagos com capital interno, qualquer destas alternativas seria rentável. No entanto, como geralmente precisa-se de crédito para o investimento inicial e para os gastos operacionais, é necessário fazer uma análise da capacidade de pagamento de cada alternativa. A Tabela 14 apresenta uma análise do saldo líquido final para as diferenças alternativas sob as condições de financiamento com crédito em 5 anos, 2 anos de carência e juros de 35% ao ano. Ainda as alternativas propostas não geram suficiente capacidade de pagamento.

Visando encontrar uma fórmula que faça o projeto economicamente viável para o agricultor, foram calculadas novas alternativas de pagamento para o agricultor, modificando sua disponibilidade inicial e as formas de pagamento do investimento.

TABELA 9. Avaliação econômica da Alternativa I para um período de cinco anos.

---

a) Investimento Inicial:	40.161,19 OTN
b) Benefício Bruto + Depreciação:	
Ano 1:	10.402,63 OTN
Ano 2:	25.783,09 OTN
Ano 3:	25.783,09 OTN
Ano 4:	25.783,09 OTN
Ano 5:	53.839,75 OTN
c) Custos Totais:	
Ano 1:	17.380,93 OTN
Ano 2:	17.609,94 OTN
Ano 3:	17.609,94 OTN
Ano 4:	17.609,94 OTN
Ano 5:	17.609,94 OTN
d) Valor Residual do Investimento:	28.056,66 OTN
e) Indicadores Econômicos:	
Taxa Interna de Retorno:	12,45%
Valor Presente Líquido:	621,78 OTN
Relação Benefício/Custo:	1,01

---

TABELA 10. Avaliação econômica da Alternativa II para um período de cinco anos.

---

a) Investimento Inicial:	40.161,19 OTN
b) Benefício Bruto + Depreciação:	
Ano 1:	20.402,63 OTN
Ano 2:	28.195,02 OTN
Ano 3:	28.195,02 OTN
Ano 4:	28.195,02 OTN
Ano 5:	56.251,68 OTN
c) Custos Totais:	
Ano 1:	17.380,93 OTN
Ano 2:	17.609,94 OTN
Ano 3:	17.609,94 OTN
Ano 4:	17.609,94 OTN
Ano 5:	17.609,94 OTN
d) Valor Residual do Investimento:	28.056,66 OTN
e) Indicadores Econômicos:	
. Taxa Interna de Retorno:	17,03%
. Valor Presente Líquido:	7.162,74 OTN
. Relação Benefício/Custo:	1,07

---

TABELA 11. Avaliação econômica da Alternativa III para um período de cinco anos.

---

a) Investimento Inicial:	40.161,19 OTN
b) Benefício Bruto + Depreciação:	
Ano 1:	20.402,63 OTN
Ano 2:	31.846,91 OTN
Ano 3:	31.846,91 OTN
Ano 4:	31.846,91 OTN
Ano 5:	59.903,57 OTN
c) Custos Totais:	
Ano 1:	17.380,93 OTN
Ano 2:	17.609,94 OTN
Ano 3:	17.609,94 OTN
Ano 4:	17.609,94 OTN
Ano 5:	17.609,94 OTN
d) Valor Residual do Investimento:	28.056,66 OTN
e) Indicadores Econômicos:	
. Taxa Interna de Retorno:	23,52%
. Valor do Produto Líquido:	17.066,37 OTN
. Relação Benefício/Custo:	1,16

---

TABELA 12. Avaliação econômica da Alternativa IV para um período de cinco anos.

- 
- a) Investimento Inicial: 40.161,19 OTN
- b) Benefício Bruto + Depreciação:
- Ano 1: 20.402,63 OTN
- Ano 2: 31.846,91 OTN
- Ano 3: 34.789,02 OTN
- Ano 4: 38.026,50 OTN
- Ano 5: 66.083,16 OTN
- c) Custos Totais:
- Ano 1: 17.380,93 OTN
- Ano 2: 17.609,94 OTN
- Ano 3: 17.609,94 OTN
- Ano 4: 17.609,94 OTN
- Ano 5: 17.609,94 OTN
- d) Valor Residual do Investimento: 28.056,66 OTN
- e) Indicadores Econômicos:
- . Taxa Interna de Retorno: 28,71%
  - . Valor do Produto Líquido: 26.594,21 OTN
  - . Relação Benefício/Custo: 1,26
- 

TABELA 13. Avaliação econômica da Alternativa V para um período de cinco anos.

- 
- a) Investimento Inicial: 40.161,19 OTN
- b) Benefício Bruto + Depreciação:
- Ano 1: 20.402,63 OTN
- Ano 2: 37.175,55 OTN
- Ano 3: 37.155,55 OTN
- Ano 4: 37.175,55 OTN
- Ano 5: 65.232,21 OTN
- c) Custos Totais:
- Ano 1: 17.380,93 OTN
- Ano 2: 18.804,63 OTN
- Ano 3: 18.804,63 OTN
- Ano 4: 18.804,63 OTN
- Ano 5: 18.804,63 OTN
- d) Valor Residual do Investimento: 28.056,55 OTN
- e) Indicadores Econômicos:
- . Taxa Interna de Retorno: 30,32%
  - . Valor do Produto Líquido: 28.277,31 OTN
  - . Relação Benefício/Custo: 1,27
-

TABELA 14. Análises do saldo líquido final para as diferentes alternativas (em OTN).

Ano	Total Pagamento Anual	Alternativa I			Alternativa II			Alternativa III			Alternativa IV			Alternativa V		
		Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa
1	14.056,42	3.021,70	- 11.034,72	3.021,70	3.021,70	- 11.034,72	3.021,70	3.021,70	- 11.034,72	3.021,70	3.021,70	- 11.034,72	3.021,70	3.021,70	- 11.034,72	3.021,70
2	14.056,42	8.173,15	- 5.883,27	10.585,08	- 3.471,34	180,55	14.236,97	14.236,97	180,55	14.236,97	14.236,97	180,55	14.236,97	14.236,97	4.314,5	18.370,92
3	27.443,48	8.173,15	- 19.270,33	10.585,08	- 16.858,40	14.236,97	14.236,97	14.236,97	- 13.206,51	17.179,08	17.179,08	- 10.264,4	18.370,92	18.370,92	- 9.072,56	- 9.072,56
4	22.758,01	8.173,15	- 14.584,86	10.585,08	- 12.172,93	14.236,97	14.236,97	14.236,97	- 8.521,04	20.416,56	20.416,56	- 2.341,45	18.370,92	18.370,92	- 9.387,09	- 9.387,09
5	18.072,53	36.229,81	- 18.157,28	38.641,74	20.569,21	44.714,54	44.714,54	44.714,54	26.642,01	48.473,06	48.473,06	30.400,53	46.427,58	46.427,58	28.355,05	28.355,05

As alternativas de disponibilidade de recursos de capital estudados foram:

- O agricultor dispondo de 50% do investimento inicial e com crédito total do custeio;
- O agricultor dispondo de 50% do investimento inicial e 50% do custeio;
- O agricultor não dispondo de recursos para o investimento e custeio.

As formas de pagamento simuladas foram:

- Pagamentos fixos, amortizações fixas e juros diminuindo à medida que são pagas as prestações;
- Sistema de prestações iguais (prestações iguais, amortização + juros);
- Amortização única e juros constantes;
- Sistema de pagamentos variáveis.

Estas condições de pagamento foram aplicadas a diversas disponibilidades de capital do projeto para pesquisar uma possível capacidade de pagamento (Tabela 15 a 26).

A análise do resultado gera as seguintes conclusões:

- Nenhuma alternativa de disponibilidade de recursos financia o pagamento em termos reais;
- O fluxo de caixa do projeto dificilmente financia os juros na maioria das alternativas;
- Nenhuma alternativa financia o custeio agrícola;
- Todas as alternativas dificilmente financiam os custos variáveis.

TABELA 15. Amortizações fixas.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	16.064,47	4.016,12	7.028,21	11.044,33	15.804,83	26.849,16
2	12.048,35	4.016,12	5.622,57	9.638,69	15.804,83	25.443,52
3	8.032,24	4.016,12	4.216,92	8.233,04	15.804,83	24.037,87
4	4.016,12	4.016,12	2.811,28	6.827,40	15.804,83	22.632,23
5	-	4.016,12	1.405,64	5.421,76	15.804,83	21.226,59

TABELA 16. Prestações fixas.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	18.063,33	2.017,26	7.028,21	9.045,47	15.804,83	24.850,30
2	15.340,03	2.723,30	6.322,17	9.045,47	15.804,83	24.850,30
3	11.663,57	3.676,46	5.369,01	9.045,47	15.804,83	24.850,30
4	6.700,35	4.963,22	4.082,25	9.045,47	15.804,83	24.850,30
5	-	6.700,35	2.345,12	9.045,47	15.804,83	24.850,30

TABELA 17. Amortizações variáveis e prestações variáveis

t	Montante do Investimento	% de Amort.	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-	-
1	18.072,53	10	2.008,06	7.028,33	9.036,39	15.804,83	24.841,22
2	15.060,44	15	3.012,09	6.325,51	9.337,60	15.804,83	25.142,43
3	11.044,32	20	4.016,12	5.271,28	9.287,40	15.804,83	25.092,23
4	6.024,18	25	5.020,15	3.865,64	8.885,79	15.804,83	24.690,62
5	-	30	6.024,18	2.108,58	8.132,76	15.804,83	23.937,59

82

TABELA 18. Amortização única.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	15.804,83	22.833,16
2	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	15.804,83	22.833,16
3	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	15.804,83	22.833,16
4	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	15.804,83	22.833,16
5	-	20.080,59	7.028,33	27.108,92	15.804,83	22.836,16

83

TABELA 19. Amortizações fixas.

t	50% do Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	50% do Custeio Agrícola	Total Prest. + 50% Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	16.064,47	4.016,12	7.028,21	11.044,33	7.902,42	18.946,75
2	12.048,35	4.016,12	5.622,57	9.638,69	7.902,42	17.541,11
3	8.032,24	4.016,12	4.216,92	8.233,04	7.902,42	16.135,46
4	4.016,12	4.016,12	2.811,28	6.827,40	7.902,42	14.729,82
5	-	4.016,12	1.405,64	5.421,76	7.902,42	13.324,18

84

TABELA 20. Prestações fixas.

t	50% do Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	50% do Custeio Agrícola	Total Prest. + 50% Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	18.063,33	2.017,26	7.028,21	9.045,47	7.902,42	16.947,89
2	15.340,03	2.723,30	6.322,17	9.045,47	7.902,42	16.947,89
3	11.663,57	3.676,46	5.369,01	9.045,47	7.902,42	16.947,89
4	6.700,35	4.963,22	4.082,25	9.045,47	7.902,42	16.947,89
5	-	6.700,35	2.345,12	9.045,47	7.902,42	16.947,89

85

TABELA 21. Amortizações variáveis e prestações variáveis.

t	50% do Montante do Investimento	% de Amort.	Amortização	Juros 35%	Prestação	50% do Custeio Agrícola	Total Prest. + 50% Custeio
0	20.080,59	-	-	-	-	-	-
1	18.072,53	10	2.008,06	7.028,33	9.036,39	7.902,42	16.938,81
2	15.060,44	15	3.012,09	6.325,51	9.337,60	7.902,42	17.240,02
3	11.044,32	20	4.016,12	5.271,28	9.287,40	7.902,42	17.189,82
4	6.024,18	25	5.020,15	3.865,64	8.885,79	7.902,42	16.788,21
5	-	30	6.014,18	2.108,58	8.132,76	7.902,42	16.035,18

98

TABELA 22. Amortização única.

t	50% do Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	50% do Custeio Agrícola	Prest. + 50%
0	20.080,59	-	-	-	-	-
1	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	7.902,42	14.930,75
2	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	7.902,42	14.930,75
3	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	7.902,42	14.930,75
4	20.080,59	-	7.028,33	7.028,33	7.902,42	14.930,75
5	-	20.080,59	7.028,33	27.108,92	7.902,42	35.011,34

87

TABELA 23. Amortizações fixas.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + custeio
0	40.161,19	-	-	-	-	-
1	32.129,95	8.032,24	14.056,42	22.088,66	15.804,83	37.893,49
2	24.096,71	8.032,24	11.245,13	19.277,37	15.804,83	35.082,20
3	16.064,47	8.032,24	8.433,85	16.466,09	15.804,83	32.270,92
4	8.032,23	8.032,24	5.622,56	13.654,80	15.804,83	29.459,63
5	-	8.032,24	2.811,28	10.843,51	15.804,83	26.648,34

∞

TABELA 24. Prestações fixas.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	55.966,02	-	-	-	-	-
1	36.126,7	4.034,52	14.056,4	18.090,9	15.804,83	33.895,73
2	30.680,1	5.446,61	12.644,3	18.090,9	15.804,83	33.895,73
3	23.327,1	7.352,92	10.738,0	18.090,9	15.804,83	33.895,73
4	13.400,7	9.926,44	8.164,5	18.090,9	15.804,83	33.895,73
5	-	13.400,70	4.690,24	18.090,9	15.804,83	33.895,73

68

TABELA 25. Amortizações variáveis e prestações variáveis.

t	Montante do Investimento	% de Amort.	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + custeio
0	40.161,19	-	-	-	-	-	-
1	36.145,07	10	4.016,12	14.056,54	18.072,66	15.804,83	33.877,49
2	30.120,89	15	6.024,18	12.650,90	18.675,08	15.804,83	34.479,91
3	22.088,65	20	8.032,24	10.542,43	18.574,67	15.804,83	34.379,50
4	12.048,35	25	10.040,30	7.731,15	17.771,45	15.804,83	33.576,28
5	-	30	12.048,35	4.217,05	15.804,83	15.804,83	32.070,23

90

TABELA 26. Amortização única.

t	Montante do Investimento	Amortização	Juros 35%	Prestação	Custeio Agrícola	Total Prestação + Custeio
0	40.161,19	-	-	-	-	-
1	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	15.804,83	29.861,25
2	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	15.804,83	29.861,25
3	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	15.804,83	29.861,25
4	40.161,19	-	14.056,42	14.056,42	15.804,83	29.861,25
5	-	40.161,19	14.056,42	14.056,42	15.804,83	29.861,25

91

A Tabela 27 apresenta a simulação de um crédito em dez anos. Observa-se que as alternativas III, IV e V, já geram suficiente capacidade de pagamento para o agricultor. Este tipo de crédito não é geralmente encontrado nas agências de crédito ou bancos. Somente poderiam ser considerados quando existe subsídio federal ou estadual, como seria o caso do Projeto Nordeste, em que o Projeto pretende dar crédito para quinze anos. Para um agricultor privado, a implantação de irrigação para Pivô Central será inviável.

### CONCLUSÃO

Do ponto de vista econômico e financeiro, calculando-se os indicadores em termos reais, o Pivô Central dificilmente apresenta-se rentável para as alternativas de produção estudadas e para as condições de financiamento existentes na região.

Em algumas alternativas produtivas, onde os modelos de avaliação econômica e financeira determinaram que a tecnologia é viável do ponto de vista das taxas de rentabilidade em termos reais, ela não gera capacidade de pagamento do ponto de vista financeiro. O que estaria permitindo o desenvolvimento da tecnologia na região seria a não correção monetária no crédito.

As hipóteses de viabilidade para o Pivô Central estudado são de caráter técnico e econômico tais como:

- Reduzir os custos de energia: para isto seria necessário, através de um estudo especializado, re dimensionar as eletrobombas. Atualmente trabalha-se com duas eletrobombas (de 200 HP cada) mas poder-se-ia trabalhar com apenas uma, diminuindo dessa forma os custos de energia, de manutenção do ativo e da depreciação.

TABELA 27. Análises do saldo líquido final para as diferentes alternativas para um horizonte de 10 anos (em OTN)

Ano	Total Pagamento Anual	Situação Atual		Alternativa I		Alternativa II		Alternativa III		Alternativa IV		Alternativa V	
		Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final	Fluxo de Caixa	Saldo Líquido Final
1	18.072,54	4.309,65	- 13.762,89	4.309,65	- 13.762,89	4.309,65	- 13.762,89	4.309,65	- 13.762,89	4.309,65	- 13.762,89	4.309,65	- 13.762,89
2	16.966,89	4.309,65	- 12.357,24	9.481,96	- 7.184,93	12.103,04	- 4.564,85	14.879,63	- 1.187,26	15.545,89	- 521,00	20.186,90	4.120,01
3	15.261,25	4.309,65	- 10.951,60	9.481,96	- 5.779,29	11.893,89	- 3.367,36	14.879,63	- 381,62	18.487,89	3.226,84	20.186,90	4.925,65
4	13.855,61	4.309,65	- 9.545,96	9.481,96	- 4.373,65	11.893,89	- 1.961,72	14.879,63	1.024,02	21.725,37	7.869,76	20.186,90	6.331,29
5	12.449,97	4.309,65	- 8.140,32	9.481,96	- 2.968,01	11.893,89	- 556,08	14.879,63	2.429,66	21.725,37	9.275,40	20.186,90	7.736,93
6	11.044,33	4.309,65	- 6.734,68	9.481,96	- 1.562,37	11.893,89	849,56	14.879,63	3.835,30	21.725,37	10.681,04	20.186,90	9.142,57
7	9.638,68	4.309,65	- 5.328,03	9.481,96	- 156,72	11.893,89	2.255,21	14.879,63	5.240,95	21.725,37	12.086,69	20.186,90	10.548,22
8	8.233,04	4.309,65	- 3.923,39	9.481,96	1.248,92	11.893,89	3.660,85	14.879,63	6.646,59	21.725,37	13.492,33	20.186,90	11.953,86
9	6.827,40	4.309,65	- 2.517,75	9.481,86	2.654,56	11.893,89	5.066,49	14.879,63	8.052,23	21.725,37	14.897,97	20.186,90	13.359,50
10	5.421,76	19.197,05	13.775,29	24.369,36	18.947,6	26.781,29	21.355,53	28.767,03	24.345,27	36.612,77	31.191,01	35.074,30	29.652,24

b) Eliminar a construção de canais: a água poderia ser bombeada diretamente do rio até o sistema de aspersores, gerando com isso as seguintes economias:

- nos custos de água pagos a CODEVASF;
- nos custos do rebombeamento (atualmente se bombeia do rio ao canal e do canal ao sistema de aspersão);
- redução de pagamento dos direitos de água;
- economia de investimentos para construções, canais e bombas.

c) Introdução de plantio direto: o fato de introduzir plantio direto pode diminuir em dez horas-máquina os custos de produção por hectare.

d) Melhorar a produção na periferia da área irrigada pelo Pivô: poder-se-ia substituir o canhão final por uma torre, o que homogeneizaria a produção.

Estas hipóteses de melhoramento devem ser estudadas em tudo que se relaciona com o Pivô Central como sistema e especialmente as suas exigências:

- pessoal treinado para manejar o Pivô;
- exigência em solos;
- exigência em tecnologia;
- exigência em aproveitamento e mercado.

A tecnologia não pôde ser descartada por dificuldades que podem ser corrigidas. A exemplo disso, o Pivô Central, em modelos simulados, necessitaria de um projeto com financiamento e crédito de dez anos, o que geraria capacidade de pagamento.

A conclusão de análises desta tecnologia é de caráter metodológico. Antes de iniciar-se um investimento importante ou ainda, antes de instalar-se esse investimento, deve ser feita uma avaliação de caráter quantitativo e qualitativo de variáveis técnicas, econômicas e sociais que atinjam os recursos empregados. Não se deve investir sem projeto avaliado.

Na situação atual, se não existem modificações no sistema de financiamento existente na região, o pivô em estudo é um custo inevitável da empresa e deve tentar-se, mediante estudos e modelos, melhorar este investimento.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO, Washington.  
 EUA. **Proyectos de desarrollo agrícola: planificación y administración.** México, Limusa, 1970. v.2, 316p.  
 BRASIL. SUDENE. A problemática dos usos da água na região Nordeste e seu enfoque no plano de aproveitamento. In: \_\_\_\_\_. **Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil - fase I; enfoques básicos.** Recife, PE 1980. v.4, n.p.  
 CARVALLO G., H.O. Irrigação por pivô central no Serviço de Produção de Sementes Básicas (Bebedouro II). I. **Avaliação Técnica.** Petrolina, PE EMBRAPA-CPATSA, 1988, 98p. (EMBRAPA-CPATSA, Documentos, 51).  
 CARVALLO G., H.O.; VALDIVIESO S., C.R. & CORDEIRO, G.G. **Características operacionais de um sistema de irrigação por pivô central.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, s.d. n.p.  
 CONTADOR, C.R. **Tecnologia e rentabilidade na agricultura brasileira.** Rio de Janeiro, IPEA, 1975. 257p. il. (IPEA. Relatório de Pesquisa, 28).  
 CORDONNIER, P.; CARLES, R. & MARSAL, P. **Economie de l'entreprise agricole: preparation des décisions.** Paris, Cujas, 1970. 537p.  
 COSTA, P.H.S. & ATTIE, E.V. **Análise de projetos de investimento.** Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1984. 222p. il.  
 DANON, P. **Rentabilité et financement des investissements; gestion d'entreprise.** Paris, Sciences de Gestion et de L'Expertise Comtable, 1983. v.1, 126p.

- FAO, Roma, Itália. **Estudo de la cuenca del rio São Francisco (segunda etapa); Brasil estudios de irrigacion e ingenieria.** Roma, 1971. 301p. il 7 mapas. (FAO. Informa Técnico, 4).  
 VALDIVIESO S., C.R.; CORDEIRO, G.G. & CARVALHO G., H.O. **Drenagem superficial de latossolos sob regimes de chuvas e irrigação por pivô central no Submédio São Francisco.** Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, s.d. n.p.  
 VIVALLO P., A.G. & WILLIAMS F., C.O. **Pequenos agricultores I; métodos de pesquisa em sistema sócio-econômicos.** petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1984a. 213p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 24).  
 VIVALLO P., A.G. & WILLIAMS F., C.O. **Pequenos agricultores II; métodos de avaliação econômica e financeira.** Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1984b. 97p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 25).  
 WILLIAMS F., C.O. & FINSCHI, R.P. **Ante-projeto de viabilidade técnico-econômico para alocação de produtores na fazenda Canabrava.** Salvador, BA, SEPLANTEC-CAR, 1984. 75p.  
 WILLIAMS, F., C.O. & VIVALLO P., A.G. **Pequenos agricultores IV; método de programação de sistemas rurais (Verão preliminar).** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/SEPLANTEC-CAR, 1984. 152p. il. (EMBRAPA-CPATSA, Documentos, 44).  
 WOILER, S. & MATHIAS, W.F. **Projetos: planejamento elaboração, análise.** São paulo. Atlas, 1983. 294p. il.

## ANEXO I

## DADOS TÉCNICOS PARA CONJUNTO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO SISTEMA PIVÔ CENTRAL, VALMATIC

## CONJUNTO Nº 4

## 1. Descrição do Pivô e seus Dados Técnicos

Modelo: 4071 - VSN/13-2621 com 13 torres

Baixa pressão com 160 aspersores

Altura livre entre as torres em terreno plano: 2,7m

Área circular irrigada: 90ha

Precipitação Aplicada: 14,87mm/hora

Velocidade Máxima: uma volta em 22,5 horas

Vazão Total: 595m<sup>3</sup>/h; vazão por área: 6,61m<sup>3</sup>/ha/h

Comprimento da Tubulação: 511,7m

Raio do Canhão Final: 23,6m; Pressão Total do pivô: 8,26atm

Pressão na ponta extrema da tubulação: 1,05atm.

## 2. Adutora

- 820m de tubo de aço zincado com Ø 250mm; perda de carga: 3,0mca x 100 = 32,8mca.

## 3. Composição da Motobomba

## a) Cálculo da Altura Manométrica

Altura Geodética	-	2,5mca
Altura de Sucção	-	2,0mca
Pressão do Pivô	-	82,6mca
Altura dos Aspersores	-	3,5mca
Perdas na Adutora	-	32,8mca
TOTAL	-	123,4mca.

b) Bomba centrífuga, marca KSB, modelo WKL - 150, de dois estágios, com Ø 360mm; velocidade: 1750rpm; vazão 595:2 = 297,5m<sup>3</sup>/h.

Pressão: 118,4 = 128,0mca; rendimento - 76%.

Consumo de força: contínua: 185 = máxima: 200CV.

c) Motor Elétrico Trifásico: 380 volts, 200CV, e 1750rpm.

Consumo de Energia em Regime Contínuo: Elétrica 341KW/h.

## ANEXO II

## COMPONENTES DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA

## INVESTIMENTO - CUSTO

(MAIO/1984)  
1º SEMESTRE/1984

OTN = 106,40

Item	Soja	Milho	Sorgo	Canudo	Crotalaria	Total
<b>1. INVESTIMENTOS:</b>						
- Terra (área total)	16,9ha	22,9ha	22,9ha	13,4ha	13,9ha	90ha
- Área cultivada	16(18,7%)	22(25,7%)	22(25,7%)	12,5(14,6%)	13,0(15,3%)	85,5(100%)
- Valorizado (OTN)	1.061,37	1.438,19	1.438,19	841,56	872,96	5.652,27
- Sistema de irrigação (OTN)	2.947,31	4.050,58	4.050,58	2.301,11	2.441,42	15.761
- Canais (km)	1.846,46	2.517,91	2.517,91	1.454,79	1.464,79	9.791,86
- Instalação elétrica	618,60	850,16	850,16	482,97	506,12	3.308,01
- Infraestrutura (OTN):						
- Casa de bomba (OTN)	214,12	294,51	294,51	167,31	175,33	1.145,78
- Base dos pivôs (OTN)	19,70	27,07	27,07	15,38	16,12	105,34
- Desmatamento e sistemização (OTN)	615,28	845,60	845,60	480,38	503,41	3.290,27
- Topografia (OTN)	79,92	109,83	109,83	62,39	65,39	427,36
- Cerca	127,03	174,58	174,58	99,18	103,93	679,30
	7.529,79	10.308,43	10.308,43	5.905,07	6.109,47	40.161,19
<b>2. CUSTOS:</b>						
<b>2.1. Custos Fixos:</b>						
- Depreciação do Pivô (OTN)	294,73	405,06	405,06	230,11	241,14	1.576,10
- Manutenção do ativo Pivô (OTN)	8,58	11,79	11,79	6,70	7,02	45,86
- Canais e estradas (OTN)	8,38	11,52	11,52	6,54	6,86	44,82
- Elétrica (OTN)	4,62	6,34	6,34	3,60	3,78	24,68
- 1 técnico (17.500)	101,27	139,17	139,17	79,06	83,85	541,53
- 1 agrônomo (1.500)	202,52	278,33	278,33	158,12	165,70	1.083,00
- Administração (6%)	158,97	218,48	218,48	124,12	130,07	850,12
- Imposto sobre a terra	0,79	1,09	1,09	0,62	0,65	4,24
- Seguros (1% dos custeios)	26,49	36,41	36,41	20,69	21,68	141,68
- Direitos de água	13,59	18,67	18,67	10,61	11,12	72,66
- Comercialização	56,26	70,33	73,14	36,57	45,01	281,31
	876,20	1.197,20	1.200,00	676,70	715,90	4.666,00
<b>2.2. Custos Variáveis:</b>						
- Semente genética	206,14	267,21	277,43	142,51	165,29	1.058,58
- Adubos:	14,14	34,16	12,53	13,56	5,40	79,79
- Superfosfato triplo	147,48	124,66	136,57	114,67	93,17	616,55
- Fórmula (6-32-16)	141,53	142,84	176,91	94,35	77,03	632,66
- Uréia	-	8,54	8,54	-	-	17,08
- Fórmula (6-24-12)	-	-	-	10,33	11,71	22,04
- Calcário	108,18	148,75	148,75	84,51	87,89	578,08
- Defensivos:	-	-	-	-	-	-
- Marcap	-	-	-	5,31	6,00	11,31
- Aldrin	-	-	1,19	-	-	1,19
- Lorsban 480 BR	1,45	-	-	-	-	1,45
- Novacron	17,72	-	-	-	-	17,72
- Rodiauran	4,72	1,19	0,47	2,37	1,01	9,79
- Dipterex	-	62,32	32,79	-	4,47	100,58
- Espalhante Bayer	0,15	0,21	0,12	0,12	0,13	0,73
- Espalhante Novapal	0,52	5,51	4,21	-	-	10,24
- Carvin 85 PM	-	122,83	-	-	-	122,83
- Pirimor 6 D	-	67,94	72,79	14,56	19,22	174,51
- Trabalhos mecanizados:						
- Preparo do solo	44,85	44,85	44,85	23,55	30,44	188,54
- Plantio	31,40	38,13	38,13	22,20	24,09	153,95
- Capinas	-	71,77	44,85	24,09	30,44	171,15
- Fertilização	35,89	35,89	35,89	20,63	22,82	151,12
- Incorporação de herb.	62,80	62,80	62,80	37,68	37,68	263,76
- Aplicação defensivos	15,70	96,94	51,59	11,88	12,67	188,78
- Trabalhos manuais:						
- Plantio	1,43	1,43	1,43	0,83	0,90	6,02
- Catação de raízes	4,04	4,04	4,04	2,44	2,45	17,01
- Inspeção e Roughins (no campo e após)	36,35	-	6,73	-	-	43,08
- Irrigação	12,62	12,62	12,62	7,53	7,80	53,19
- Despendamento	71,77	-	-	-	-	71,77
- Capinas (avulso)	129,19	-	161,49	75,36	104,97	471,01
- Energia Elétrica	105,26	144,66	144,66	82,18	82,18	558,94
- Água	118,80	163,26	163,26	92,75	97,20	635,27
- Inoculante	1,38	-	-	-	-	1,38
- Lubrificantes:						
- Óleo	2,54	3,49	3,49	1,98	2,08	13,58
- Graxa	-	-	-	-	-	-
- Colheita mecanizada	144,18	-	198,28	4,64	173,50	520,56
<b>SUBTOTAL CUSTOS VARIÁVEIS</b>	<b>1.182,35</b>	<b>1.471,65</b>	<b>1.568,94</b>	<b>747,52</b>	<b>935,25</b>	<b>5.905,71</b>
<b>TOTAL CUSTOS FIXOS + VARIÁVEIS</b>	<b>2.058,55</b>	<b>2.668,85</b>	<b>2.768,94</b>	<b>1.424,22</b>	<b>1.651,15</b>	<b>10.571,71</b>

## ANEXO III

PROGRAMA QUE CALCULA SIMULTANEAMENTE A TAXA INTERNA DE RETORNO,  
O VALOR PRESENTE LÍQUIDO E A RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO<sup>1</sup>

```

20 INPUT "II ="; F
30 INPUT "D ="; E
40 INPUT "TD ="; C : C = C/100
50 H = 0 : I = 0
60 FOR G = 9 TO 8 + E
70 INPUT "INC ="; A(G)
80 H = H + A(G)/(1 + C) (G - 8)
90 NEXT G
100 FOR G = 9 + E TO 8 + 2 * E
110 INPUT "EXP ="; A(G)
120 I = I + A(G)/(1 + C) (G - 13)
130 NEXT G
140 FOR G = 0 TO E
150 A (9 + G) = A(9 + G + E)
160 NEXT G
170 INPUT "VR ="; A (9 + E)
180 A (8 + E) = A (8 + E) + A(9 + E)
190 H = H + A (9 + E) * (1 + C) (-E)
200 I = I + F : A(9 + E) = C : A - 1E-04
210 60SUB 300 : B = D
220 C = C + A : 60SUB 300
230 C = C - A - B * A/(D - B)
240 60SUB 300
250 IF D A THEN 210
260 SET F2 : PRINT "TIR ="; 100 x C
270 C = A (q + E) : 60SUB
280 PRINT "VPL ="; D
290 PRINT "B/C ="; H/I : GOTO 10
300 D = 0
310 FOR 6 = 8 + E TO 9 STEP - 1
320 D = (D + A(6)*C)/(1 + C)
330 NEXT 6
340 D = D/C - F
350 RETURN

```

II = Investimento Inicial;  
 D = Duração do Projeto;  
 INC = Benefícios Brutos;  
 EXP = Custos Totais;  
 VR = Valor Residual;  
 TD = Taxa de Desconto;  
 TIR = Taxa Interna de Retorno;  
 VPL = Valor Presente Líquido;  
 B/C = Benefício/Custo Atualizado.

<sup>1</sup>Programa elaborado pelo Dr. SÉRGIO LUÍS PONTES, Engenheiro da SIRAC. Teresina, PI.