

FERNANDO BARROS DE CARVALHO FILHO

USO DE INDICADORES DE DESEMPENHO NO PROJETO DE  
IRRIGAÇÃO JAÍBA – ÁREAS DE COLONOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2000

Aos meus pais Fernando e Ady.

Aos meus irmãos Hudson, Lygia e Iacy.

À minha cunhada Daniela.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por tudo, pois sem Ele nada é possível.

A Nossa Senhora, minha protetora ao longo da vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade de realização do Programa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Antônio Alves Soares, pelos ensinamentos, pela orientação, pela amizade, pela confiança e pelo apoio.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, pela amizade, pelo aconselhamento, pelo incentivo e pelas sugestões.

Ao pesquisador Ricardo Augusto Lopes Brito, pela amizade, pela atenção e pelas sugestões.

Aos funcionários do Distrito de Irrigação de Jaíba, pelas valiosas informações.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG – Mocambinho), pelo imenso apoio na realização dos trabalhos de campo, pelo alojamento e pelo transporte.

À RURALMINAS, pelo empréstimo da sala.

À PLENA Consultoria e Engenharia Agrícola, pelas valiosas informações.

Aos meus tios João e Rosalva, pela amizade, pelo apoio e pelo incentivo.

Ao meu primo João, pela amizade, pelo apoio, pelo incentivo e pela hospitalidade.

Ao professor Robledo de Almeida Torres, pelo apoio, pela amizade, pela hospitalidade e pelo incentivo.

Aos meus colegas Davi, Rodolpho, André, Fabrício, Robledo, João Luis, Geraldo, João Carlos, Raimundo, Mauro, Maria José, Márcia, Ricardo e Silvio, pela amizade e pelo constante incentivo.

Aos demais professores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo companheirismo e pela amizade.

A meus pais Fernando e Ady, pelo apoio, pelo incentivo e exemplo de vida e pelo amor.

Aos meus irmãos Hudson, Lygia e Iacy e à minha cunhada Daniela, pelo incentivo, pela ajuda e pelo carinho.

Aos meus tios, primos, amigos e a todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Fernando Barros de Carvalho Filho, filho de Fernando Barros de Carvalho e Ady Cruz Reis de Carvalho, nasceu em Carangola, Estado de Minas Gerais, em 11 de julho de 1973.

Em março de 1991, iniciou o Curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Juiz de Fora, em Juiz de Fora, MG, diplomando-se em janeiro de 1996.

Em agosto de 1997, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em setembro de 2000.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. DESCRIÇÃO DO PROJETO JAÍBA .....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
3.1. Indicadores de balanço hídrico .....	14
3.2. Indicador de sustentabilidade ambiental e drenagem .....	18
3.3. Indicadores econômicos e sociais .....	26
3.4. SISDA .....	30
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	33
4.1. Razão global de consumo .....	33
4.2. Razão de aplicação em nível de parcela .....	35
4.3. Sustentabilidade da área irrigada .....	36
4.4. Profundidade relativa do lençol freático .....	36
4.5. Salinidade .....	37
4.6. Fração de operação e manutenção .....	37
4.7. Relação produtividade e suprimento de água .....	37

	Página
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
5.1. Razão global de consumo .....	39
5.2. Razão de aplicação em nível de parcela .....	41
5.3. Sustentabilidade da área irrigada .....	41
5.4. Profundidade relativa do lençol freático .....	46
5.5. Salinidade .....	47
5.6. Fração de operação e manutenção .....	50
5.7. Relação produção e suprimento de água .....	53
6. RESUMO E CONCLUSÕES .....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
APÊNDICES.....	63

## RESUMO

CARVALHO FILHO, Fernando Barros de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2000. **Uso de indicadores de desempenho no projeto de irrigação Jaíba – Áreas de colonos**. Orientador: Antônio Alves Soares. Conselheiros: Ricardo Augusto Lopes Brito e Everardo Chartuni Mantovani.

O presente trabalho foi desenvolvido no Projeto Jaíba, localizado no norte de Minas Gerais, e teve por objetivo avaliar as glebas dos colonos (A, B, C3, D e F) do Projeto Jaíba utilizando alguns parâmetros propostos por Bos, como razão global do consumo (RGC), razão de aplicação em nível de parcela (RAC), sustentabilidade da área irrigada (SAI), profundidade relativa do lençol freático (PRLF), salinidade (CER), fração de operação e manutenção (FOM) e relação entre produção e suprimento de água (RPSA). Parte dos dados utilizados foi fornecidas pelo Distrito de Irrigação de Jaíba (DIJ), pela PLENA e pela EPAMIG, sendo outros coletados no campo. Os valores da evapotranspiração da cultura ( $E_{tpc}$ ) e a precipitação efetiva ( $P_e$ ) foram estimados pelo SISDA. Os resultados permitiram as seguintes conclusões: pelos parâmetros analisados do indicador de balanço hídrico (RGC e RAC), o perímetro teve bom desempenho; pelos parâmetros analisados do indicador de sustentabilidade ambiental e drenagem (PRLF, CER e SAI), o perímetro apresentou baixo desempenho com

relação à sustentabilidade da área irrigada e bom desempenho quanto à condutividade elétrica relativa e à profundidade relativa do lençol freático; e pelos parâmetros analisados dos indicadores econômico e social (FOM e RPSA), o perímetro pode ser considerado de baixo desempenho em relação à produção e ao suprimento de água.

## ABSTRACT

CARVALHO FILHO, Fernando Barros de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, August, 2000. **Use of performance indicators at the Jaíba irrigation project – Colonist areas.** Adviser: Antônio Alves Soares. Committee Members: Ricardo Augusto Lopes Brito and Everardo Chartuni Mantovani.

The present work was developed at the Jaíba Project, located in the north of Minas Gerais, with the objective of evaluating the plots (A, B, C3, D and F) of the Projeto Jaíba colonists using some parameters proposed by Bos, such as global ratio of consumption (GRC), ratio of application at plot level (ARP), sustainability of the irrigated area (SIA), relative depth of ground water (RDGW), salinity (CER), operation and maintenance fraction (OMF) and relationship between production and water supply (RPWS). Part of the data used was provided by the District of Irrigation of Jaíba (DIJ), by PLENA and by EPAMIG, being other collected in the field. Values of crop evapotranspiration (Etpc) and effective precipitation (EP) were estimated by SISDA. The results allowed the following conclusions: through the analyzed parameters of the water balance indicator (GRC and ARP), the perimeter had good performance; through the analyzed parameters of the environmental sustainability and drainage

indicator (RDGW, CER and SIA), the perimeter showed low performance with relation to the sustainability of the irrigated area and good performance with relation to the relative electric conductivity and the relative depth of the ground water; and through the analyzed parameters of the economic and social indicators (OMF and RPWS), the perimeter can be considered of low performance in relation to production and water supply.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população e a globalização da economia mundial vêm exigindo agricultura competitiva e tecnificada que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade e a custos menores. A irrigação constitui excelente estratégia para o alcance desses objetivos, uma vez que mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos com a prática dessa tecnologia.

O uso da água na agricultura representa, em nível mundial, cerca de 70% de toda a água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano consome 7% (BORGES, 1999). Estima-se que, no Brasil, metade da água captada seja utilizada na agricultura irrigada, que também apresenta grandes benefícios relacionados à produção nacional (CARDOSO et al., 1998).

Segundo KOSOSKI (1997), em 1995 foram cultivados em todo o mundo 1,5 bilhão de hectares, dos quais cerca de 225 milhões (17%) foram irrigados e responderam por 40% da produção total.

Segundo BERNARDO (1998), um bom programa de irrigação pode beneficiar uma cultura de muitos modos, a saber: aumentando sua produtividade; permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes; permitindo programação de cultivo, isto é, a elaboração de uma escala de plantio que possibilite a obtenção

de duas ou mais colheitas por área/anuais; permitindo a introdução de cultivos mais rentáveis; minimizando o risco dos investimentos na agricultura; etc.

A humanidade já passou por diversas crises, como as de epidemias e da falta de alimentos e de petróleo. Indubitavelmente, as próximas crises serão de energia e de disponibilidade de água de boa qualidade, que, com certeza, irão influenciar a irrigação (BERNARDO, 1998).

No início da década de 80, com o PROVARZEAS (Programa Racional de Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis) e o PROFIR (Programa de Financiamento para Aquisição de Equipamentos de Irrigação), houve acréscimo de 37% na área irrigada no curto período de 1981/1985. O sucesso desses programas levou o governo brasileiro a criar, em 1986, o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), abrangendo todas as regiões, exceto o Nordeste, que contou com o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste) (MANTOVANI, 1998).

A partir do final dos anos 80, a falta de recursos financeiros limitou drasticamente o financiamento de equipamentos e infra-estrutura de irrigação, o que, associado às elevadas taxas de juros vigentes, veio impedir a continuidade da expansão da área irrigada.

Existem vários perímetros irrigados no Brasil, a maioria na área sob a jurisdição da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste). Esses perímetros, que foram implantados com recursos públicos, normalmente têm sido operados com baixo desempenho, o que tem causado problemas de redução na produtividade das culturas, salinização dos solos e abandono das áreas irrigadas pelos colonos, entre outros.

Existem diferentes tipos de indicadores de desempenho de sistemas de irrigação, entretanto não há metodologia para avaliação de um perímetro irrigado como um todo, levando em conta os aspectos técnicos de dimensionamento e manejo, econômicos, sociais e ambientais (BRITO, 1986).

Normalmente, os trabalhos encontrados na literatura tratam de cada indicador isoladamente. PALMER et al. (1991) realizaram um trabalho para estudar quanto um perímetro de irrigação era capaz de suprir a demanda do irrigante. Foram monitorados dois canais e comparadas as demandas de água

com a solicitação e as tarifas da entrega. Uma vez detectado que os irrigantes estavam utilizando somente parte do que foi solicitado, puderam ser feitas modificações na política de entrega de água, para mais ou para menos, tanto em termos de vazão quanto de tempo.

KLOEZEN e RESTREPO (1998) utilizaram alguns indicadores, tanto em nível de distrito e de módulos quanto em nível de canais e parcelas selecionadas, o que permitiu conhecer melhor os processos e a dinâmica do manejo do projeto de irrigação.

Na tentativa de gerar uma metodologia, BOS et al. (1993) apresentaram uma extensa lista com 40 indicadores de desempenho. O ideal seria encontrar um número menor de parâmetros que refletisse o desempenho de um perímetro irrigado.

BOS (1997) apresentou 21 indicadores como suficientes para a avaliação do desempenho de projetos de irrigação e drenagem. Normalmente, não é recomendado o uso de todos os indicadores em todas as circunstâncias. O número a ser usado é determinado de acordo com o nível de detalhe com que se deseja quantificar o desempenho e com o rigor com que se observam a irrigação e a drenagem.

Dos indicadores potenciais sugeridos por BOS (1997), chamados pelo autor de “lista longa” (“long list”), BRITO e BOS (1997) selecionaram um grupo de nove parâmetros, para compor um conjunto mínimo de indicadores. Esses parâmetros são: razão global de consumo, razão de aplicação em nível de parcela, desempenho da entrega de água, sustentabilidade da área irrigada, profundidade relativa do lençol freático, salinidade, fração de operação e manutenção, relação produtividade e suprimento de água e taxa de coleta de tarifa de água.

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação do perímetro irrigado Jaíba, em relação às áreas de colonos, utilizando-se os parâmetros propostos por BRITO e BOS (1997).

## **2. DESCRIÇÃO DO PROJETO JAÍBA**

O Projeto Jaíba está localizado no norte de Minas Gerais, entre 43° 29' e 44° 6' de longitude oeste, 14° 33' e 15° 28' de latitude sul e altitude de 452 m; limita-se ao norte com o rio Verde Grande, ao sul com o córrego Serraria, a leste com o rio Verde Grande e a oeste com o rio São Francisco (Figura 1).

A implantação do Perímetro de Irrigação de Jaíba foi dividida em quatro etapas, sendo a primeira etapa com uma área de 32.754 ha, a segunda com 29.982 ha, a terceira com 16.000 ha e a quarta com 21.264 ha (Figura 2).

A primeira etapa já está em funcionamento e apresenta as seguintes divisões: as glebas A, B, C3, D e F são lotes de 5 ha ocupados por colonos, a gleba C2 apresenta lotes de 20 e 50 ha ocupados por empresários, as glebas C1 e C4 são áreas particulares ocupadas pelas firmas SOLAGRO e AGRIVALE, a gleba E é particular e pertence à Fazenda Brasnica e a gleba 4 é particular e pertence a diversos proprietários (Figura 2).

A segunda etapa encontra-se em construção desde meados de 1999, e as outras ainda não começaram. Após a conclusão das quatro etapas, o Perímetro de Irrigação de Jaíba terá uma área de 100.000 ha irrigáveis, segundo os dados fornecidos pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco).



Figura 1 – Localização do Projeto Jafba, em amarelo, dentro do mapa do Estado de Minas Gerais.

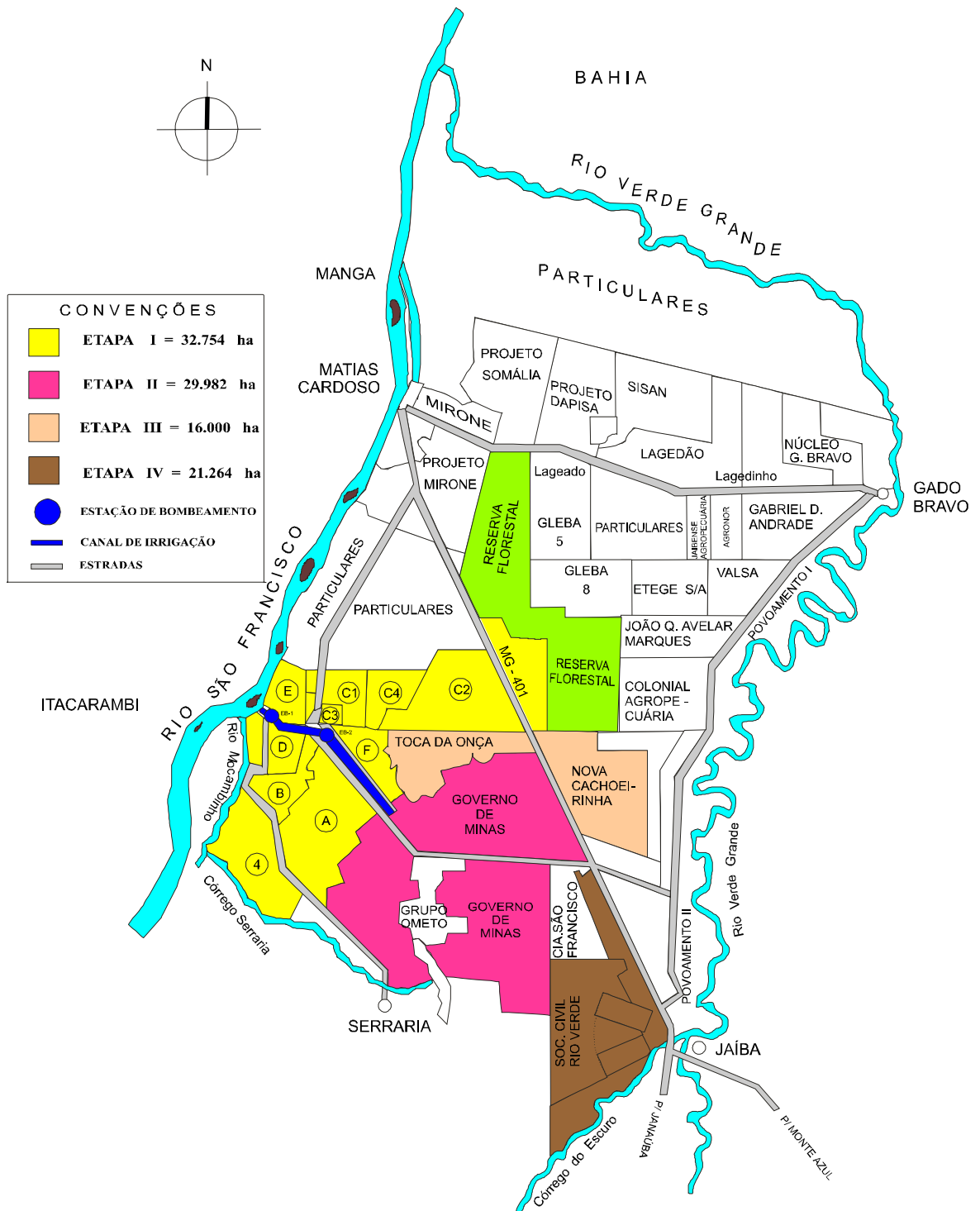


Figura 2 – Etapas de implantação do Projeto Jaíba.

A infra-estrutura básica principal (Figura 3) dos 100.000 ha já está construída, sendo composta dos seguintes dados:

- Canal de chamada do rio São Francisco (1.200 m).
- Estação de bombeamento número 1 (EB-01), com vazão de 80 m<sup>3</sup>/s e altura de recalque igual a 17,50 m.
- Canal principal 1 (CP-01), com vazão de 80 m<sup>3</sup>/s e 7 km de comprimento.
- Estação de bombeamento número 2 (EB-02), com vazão de 65 m<sup>3</sup>/s e altura de recalque igual a 19 m.
- Canal principal 2 (CP-02), com vazão de 65 m<sup>3</sup>/s e 8,5 km de comprimento.

Os componentes das estações de recalque e bombeamento da primeira etapa são apresentados a seguir:

– Estação de bombeamento nº 1/EB-1

- Cinco conjuntos de motobomba com capacidade unitária igual a 5 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 1.700 HP.
- Quatro conjuntos de motobomba com capacidade unitária igual a 10 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 3.500 HP.

– Estação de bombeamento nº 2/EB-2

- Dois conjuntos de motobomba com capacidade unitária igual a 1,25 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 450 c.v.
- Dois conjuntos de motobomba com capacidade unitária igual a 2,5 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 884 c.v.
- Dois conjuntos de motobomba com capacidade unitária igual a 5,6 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 1.850 c.v.

– Estação de recalque ER-C 2/gleba C 2

- Dois conjuntos motobomba com capacidade unitária igual a 1,5 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 550 c.v.
- Dois conjuntos motobomba com capacidade unitária igual a 3 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 1.100 c.v.

– Estação de recalque CP-C 2/gleba C 2

- Cinco conjuntos motobomba submersível com vazão unitária igual a 450 L/s e potência unitária do motor elétrico de 550 c.v.
- Dois conjuntos motobomba com capacidade unitária igual a 3 m<sup>3</sup>/s e potência unitária do motor elétrico de 1.100 c.v.

– Estação de recalque ER-B/gleba B

- Seis conjuntos motobomba submersível com vazão unitária igual a 620 L/s e potência unitária do motor elétrico de 150 c.v.

– Estação de recalque ER-C 3/gleba C 3

- Quatro conjuntos motobomba submersível com vazão unitária igual a 426 L/s e potência unitária do motor elétrico de 40 c.v.

– Estações de bombeamento de pressurização coletiva da área F

- 21 conjuntos motobomba de vazão unitária média de 80 L/s e potência unitária dos motores elétricos de 100 c.v.
- Três conjuntos motobomba com vazão unitária igual a 56 L/s e potência unitária do motor elétrico de 75 c.v.

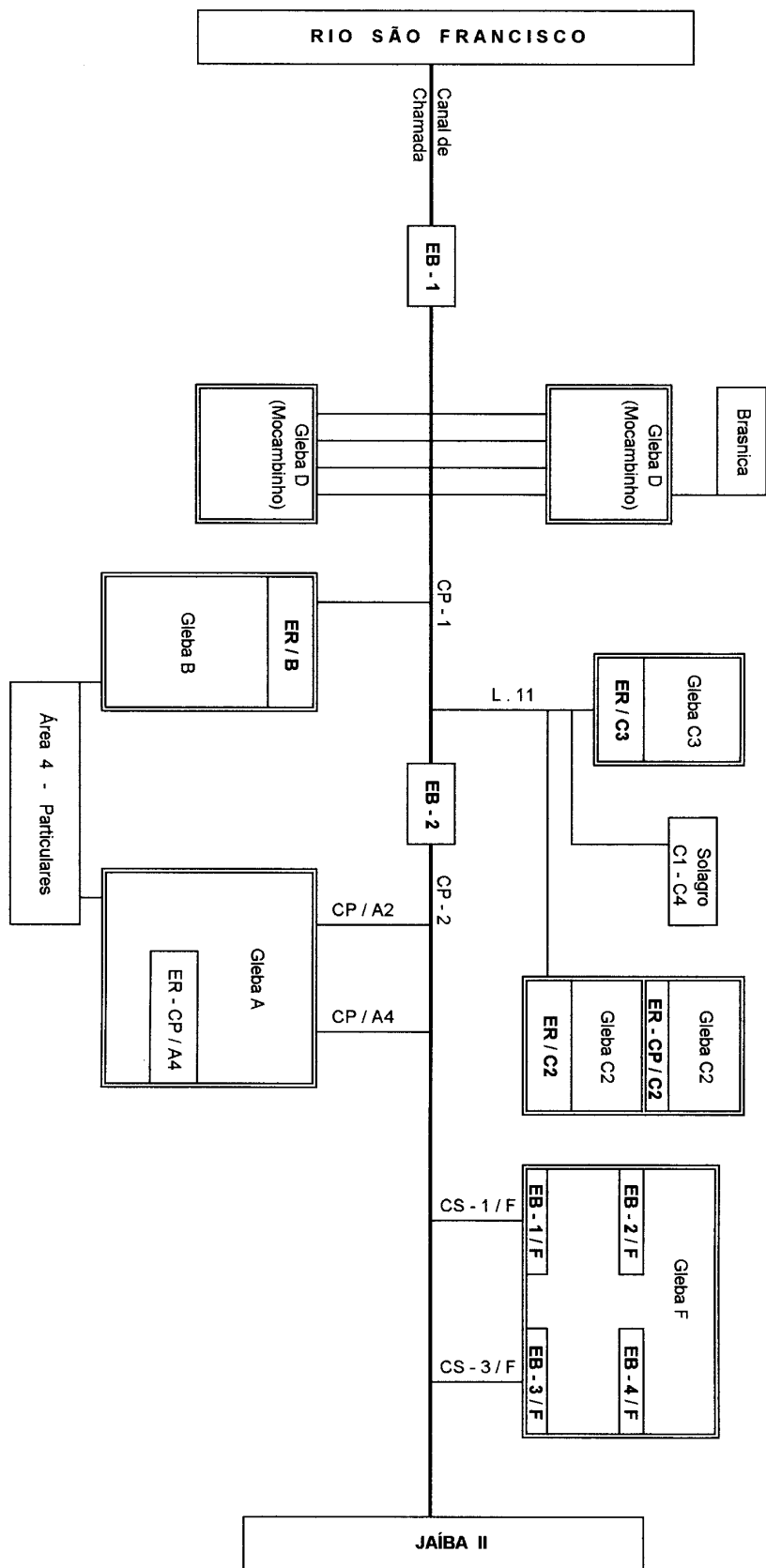


Figura 3 – Diagrama operacional.

Os lotes das glebas A, B, C3, D e F são destinados a colonos que recebem o lote com: sistema de irrigação, 2,5 ha plantados com arroz, ou feijão ou milho ou algodão, cesta básica por seis meses e isenção das contas de luz e de água por um ano.

A cobrança da tarifa de água é dividida em duas partes, denominadas K1 e K2, que representam os custos de implantação e de manutenção, respectivamente.

A parcela K1 possui a finalidade de amortizar os investimentos públicos efetuados nas obras de infra-estrutura de irrigação de uso comum, que é composta pelas estruturas que atendem a mais de um irrigante, ou seja, estações de bombeamento, estradas, canais de adução e distribuição, drenos principais, prédios de uso da administração etc.

O valor da parcela K1 resulta da divisão do valor total dos investimentos pela área irrigável do projeto, em hectares, e pela vida útil da infra-estrutura, em anos. Seu valor é fixado em R\$/ha/ano, com pagamento trimestral. A CODEVASF vem adotando um valor único para todos os seus projetos: R\$58,15/ha/ano, o qual é fixado pelo Ministério do Meio Ambiente, ao qual a CODEVASF pertence.

A finalidade da parcela K2 é cobrir as despesas de administração, operação e manutenção da infra-estrutura de irrigação de uso comum. Sua composição resulta da divisão entre o valor das despesas de administração, operação e manutenção para determinado período pelo volume d'água fornecido nesse mesmo período. Para o Projeto Jaíba, o cálculo atual resultou em R\$14,34/1.000m<sup>3</sup>, valor definido pela organização administradora do projeto.

Os irrigantes das glebas D, C3, A e B, a partir de junho de 1998, recebia diretamente da CEMIG (Centrais Elétricas de Minas Gerais) a conta de energia elétrica, cujo pagamento ocorria nos locais por ela determinados. Para os irrigantes da gleba F, que recebiam água já pressurizada em seus lotes, o custo de energia elétrica foi incluído no parâmetro K2.

Devido ao grande número de pessoas inadimplentes na tarifa K2, o distrito entrou em acordo com os irrigantes, que pagavam o valor com desconto até chegar ao valor real (Quadro 1).

Quadro 1 – Valor do K2 cobrado no Projeto Jaíba para 1.000 m<sup>3</sup> de água, com os respectivos descontos

Data	Porcentagem a Pagar da Tarifa K2	Valor K2 Glebas A, B, C3 e D	Valor K2 Gleba F
Jun./98 a Nov./98	20%	R\$2,80	R\$17,14
Dez./98 a Maio/99	40%	R\$5,70	R\$20,04
Jun./99 a Nov./99	60%	R\$8,60	R\$22,94
Dez./99 a Maio/00	80%	R\$11,50	R\$25,84
A partir Jun./00	100%	R\$14,34	R\$30,43

Ficou determinado pelo referido acordo o número máximo de três contas em atraso. Após a terceira conta nessa situação, seria feito o corte de água no lote. Segundo informação do Distrito de Irrigação de Jaíba, em 1º.07.1999 existiam 53 lotes com a energia cortada, 76 com a água cortada e 66 com a água e a energia cortadas. Esses lotes representavam aproximadamente 11% do número total de lotes.

A evolução das áreas dos colonos cultivadas no perímetro irrigado Jaíba é apresentada na Figura 4. Observa-se, nessa figura, que a área cultivada com banana era predominante, crescendo de 1993 a 1997, quando teve sua área reduzida.

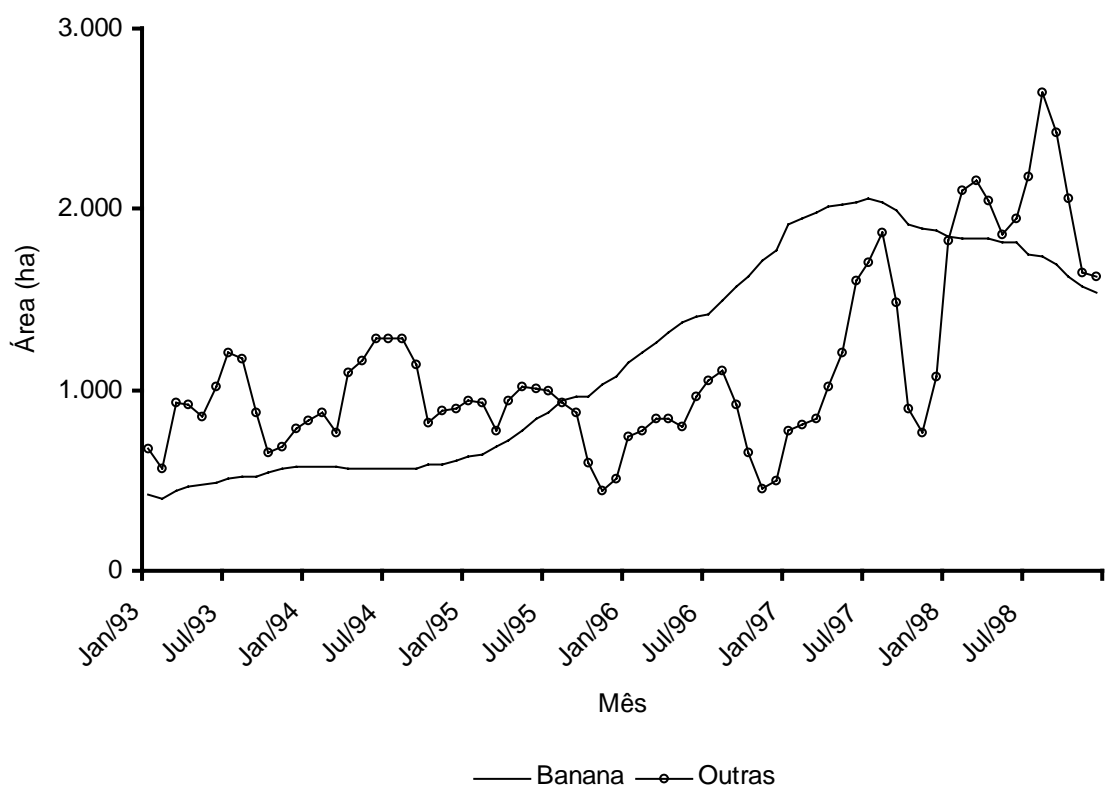


Figura 4 – Variação das áreas cultivadas com banana e outras culturas em hectares, nas glebas A, B, C3, D e F.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

Na agricultura irrigada, o recurso água é o fator principal e, como esta tem se tornado limitante por causa da implantação de novas áreas irrigadas ou por falta da disponibilidade de recursos hídricos, torna-se urgente a necessidade de criação e execução de planos que possibilitem melhorar a eficiência do uso da água (ALMEIDA, 1997).

Segundo BERNARDO (1995), o planejamento e a operação de um projeto de irrigação devem ser baseados em conhecimentos das inter-relações do sistema água-solo-planta-atmosfera e no manejo racional da irrigação, devendo, ainda, considerar os aspectos sociais e ecológicos da região. Por meio dessas considerações, podem-se maximizar a produtividade e a eficiência no uso da água e minimizar os custos de mão-de-obra e de capital, mantendo condições de umidade do solo favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada. Nesse sentido, é imprescindível que em regiões áridas, onde a água é fator limitante, haja a adoção de planejamentos de irrigações que visem maximizar a produção por unidade de água aplicada, considerando-se os custos de mão-de-obra e a energia consumida por unidade de área cultivada.

No planejamento de um projeto de irrigação, usualmente, a primeira etapa consiste na escolha do método de irrigação. Os métodos de irrigação podem ser divididos em três grandes grupos: irrigação localizada, irrigação por superfície e

irrigação por aspersão e cada um com diversos sistemas que atendem às mais distintas situações, sendo sua escolha baseada em parâmetros como: uniformidade da superfície do solo, tipo de solo, quantidade e qualidade da água, cultura, manejo da irrigação e clima, dentre outros (SCARDUA, 1987).

Quando a água é um fator limitante, devem-se utilizar sistemas que proporcionem maior eficiência de irrigação, que, de modo geral, tem a seguinte ordem decrescente: localizada, aspersão e superfície (SOARES, 1998).

Existem diferentes tipos de indicadores de desempenho de sistemas de irrigação, entretanto não existe metodologia para avaliação de um perímetro irrigado como um todo, levando em conta os aspectos técnicos de dimensionamento e manejo, econômicos, sociais e ambientais.

Dos indicadores potenciais sugeridos por BOS (1997), BRITO e BOS (1997) selecionaram um grupo de nove parâmetros, para compor um conjunto mínimo de indicadores; desses nove parâmetros foram utilizados apenas sete, que são: razão global de consumo, razão de aplicação em nível de parcela, sustentabilidade da área irrigada, profundidade relativa do lençol freático, condutividade elétrica, taxa de coleta de tarifa de água, fração de operação e manutenção e relação entre produtividade e suprimento de água.

### **3.1. Indicadores de balanço hídrico**

Os indicadores de balanço hídrico estão diretamente ligados ao consumo de água. Eles cobrem os componentes relacionados ao volume de água fornecido com o volume correspondente à demanda de irrigação, bem como aspectos subjetivos de confiabilidade dos usuários no sistema e aspectos sociais, de tal forma que nenhum irrigante seja desfavorecido. Esses três aspectos refletem o nível de serviço fornecido aos usuários da água. Dentro desses indicadores, destacam-se: desempenho do sistema de distribuição de água, razão de balanço da água, razão de aplicação em nível de parcela, razão unitária terciária, razão global de consumo, razão de condução, razão de distribuição e grau de confiabilidade do sistema de irrigação.

## **Desempenho do sistema de distribuição**

Esse parâmetro corresponde à razão entre o volume de água derivado para o sistema e o volume de água necessário para o sistema, representada por

$$PEA = \frac{VN}{VD} \quad (1)$$

em que

PEA = desempenho do sistema de distribuição, adimensional;

VN = volume de água derivada para o sistema, L<sup>3</sup>; e

VD = volume de água necessário para o sistema, L<sup>3</sup>.

Essa medida permite ao irrigante determinar quanto de água foi fornecido durante determinado tempo, para qualquer parte do sistema. Sua principal utilidade é que permite verificar se a vazão em qualquer local dentro do sistema é maior ou menor do que a pretendida.

## **Razão de balanço da água**

A razão de balanço da água está mais relacionada ao volume de água fornecido dentro de certo período de tempo (m<sup>3</sup>/período). Esse indicador quantifica os componentes de balanço da água em um contexto espacial sobre um período de tempo específico, podendo ser representado por

$$RBA = \frac{V}{P} \quad (2)$$

em que

RBA = razão de balanço da água, L<sup>3</sup>T<sup>-1</sup>;

V = volume de água fornecido, L<sup>3</sup>; e

P = período de fornecimento de água, T.

### Razão de aplicação em nível de parcela

A razão de aplicação, em nível de parcela, é dada pela relação entre o volume de água necessário para evitar estresse no período de crescimento da cultura ( $V_m$ ) e o volume de água derivado para a parcela ( $V_{t_p}$ ), expressão 4:

$$RAC = \frac{V_m}{V_{t_p}} \quad (3)$$

ou

$$RAC = \frac{(ET_{pc} - Pe)A}{V_{t_p}} \quad (4)$$

em que

RAC = razão de aplicação de água no campo, adimensional;

ET<sub>pc</sub> = evapotranspiração potencial da(s) cultura(s), L;

Pe = precipitação efetiva, L.

A = área plantada, L<sup>2</sup>; e

V<sub>t<sub>p</sub></sub> = volume total de água derivado para a parcela, L<sup>3</sup>.

### Razão unitária terciária

A água necessária na unidade terciária depende da necessidade de água da cultura, da perda por infiltração e dos vazamentos no canal, ou da razão de condução e do valor médio da razão de aplicação em nível de parcela. A razão unitária terciária (RUT) é calculada por

$$RUT = \frac{V_m + V_3}{V_d} \quad (5)$$

em que

RUT = razão unitária terciária, adimensional; e

V<sub>d</sub> = volume de água entregue ao sistema de distribuição, L<sup>3</sup>.

Por praticidade, substitui-se  $V_m$  por  $[(ET_c - Pe)A]$  e assume-se como desprezível a água proveniente de fontes alheias ao sistema de distribuição ( $V_3 = 0$ ).

## Razão global de consumo

A razão global de consumo é a relação entre o somatório da evapotranspiração potencial da cultura menos a precipitação efetiva para o perímetro e o volume de água captado do rio ou reservatório, expressão 6. Esse parâmetro quantifica a fração da água evapotranspirada pelas culturas no balanço de água da área irrigada; é um dos principais indicadores que devem ser determinados para cada área irrigada.

$$RGC = \frac{(ET_{pc} - P_e)A}{V_c + V_1} \quad (6)$$

em que

RGC = razão global de consumo, adimensional;

$V_c$  = volume de água bombeada do rio ou reservatório, L<sup>3</sup>; e

$V_1$  = volume de outras fontes de entrada para o sistema de condução, L<sup>3</sup>.

## Razão de condução

A razão de condução quantifica o balanço de água dos canais principal, secundário e terciário do sistema. Pode ser calculada para períodos curtos (semana, mês) ou longos (estação). A razão de condução (RC) é calculada por

$$RC = \frac{V_d}{V_c + V_1} \quad (7)$$

em que RC é a razão de condução, adimensional.

## Razão de distribuição

A razão de distribuição quantifica o balanço de água do canal do sistema de condução até o início das áreas irrigadas e, também, da unidade terciária. A razão de distribuição (RD) é calculada por

$$RD = \frac{VT_p + V_3}{V_d} \quad (8)$$

## **Grau de confiabilidade do sistema de irrigação**

A eficiência do sistema de fornecimento de água está relacionada com o tempo de fornecimento e, com a razão global de consumo da água fornecida, e tem impacto direto na produção da cultura. Os irrigantes devem aplicar mais água se houver variação não-estimável no volume ou no tempo de água fornecidos.

Os principais indicadores propostos para analisar a confiabilidade do sistema de fornecimento de água refletem a duração do fornecimento e o tempo de fornecimento, em comparação com aqueles de projeto, ou seja:

$$CD = \frac{DAEA}{DPEA} \quad (9)$$

e

$$CI = \frac{II}{IP} \quad (10)$$

em que

CD = dependência em relação à duração do fornecimento de água, adimensional;

DAEA = duração atual da entrega de água, T;

DPEA = duração pretendida da entrega de água, T;

CI = dependência em relação ao período de irrigação, adimensional;

II = intervalo de irrigação, T; e

IP = intervalo pretendido, T.

O período em que as observações são comparadas varia em função do padrão de fornecimento adotado. Recomenda-se que a vazão e, ou, o nível de água do canal sejam incluídos nessa parte da avaliação.

### **3.2. Indicadores de sustentabilidade ambiental e drenagem**

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade quanto da qualidade da água. No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de

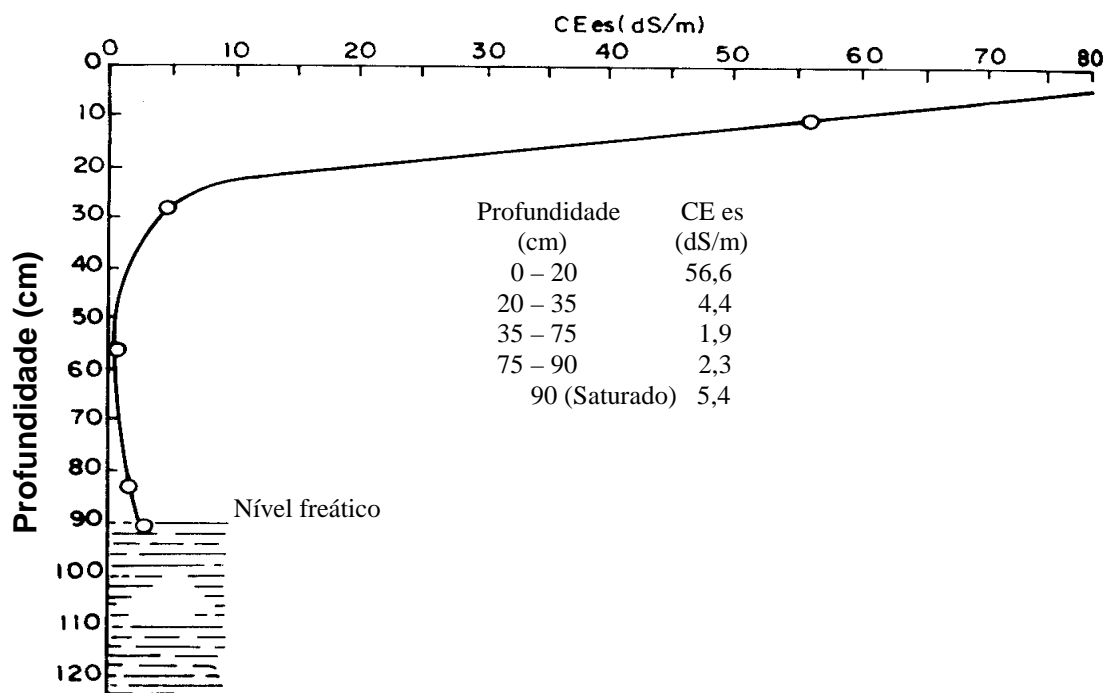
que, no passado, as fontes de água no geral eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Tal situação está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade numa região faz com que haja necessidade de recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo para o melhor uso das águas de acordo com a sua qualidade (AYERS e WESTCOT, 1985).

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais. Os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam à medida que a água se evapora ou é consumida pelas plantas (AYERS e WESTCOT, 1985).

O problema de salinidade é tão sério que, para teores de sais elevados na solução do solo, a extração de água pelas raízes é afetada, reduzindo o crescimento da planta, e chegam a apresentar sintomas similares provocados por estiagem, como murchamento ou coloração verde-azulado-escura.

Segundo AYERS e WESTCOT (1985), muitos dos problemas de salinidade estão associados à presença de nível freático em pouca profundidade (nos primeiros dois metros da superfície). Os sais acumulados no lençol freático ascendem acima da zona radicular e constituem importante fonte adicional de sais. É por isso que o controle do nível freático é prática essencial para controlar a salinidade e manter, com êxito, a agricultura irrigada (Figura 5).

Os principais problemas de salinização no país estão surgindo nos projetos de irrigação, notadamente nos projetos públicos situados no “polígono das secas”. A principal causa da salinização não está diretamente relacionada com a qualidade da água usada na irrigação, mas, sim, com a baixa eficiência da irrigação associada à falta de drenagem natural. Isso tem causado rápida ascensão do lençol freático, que, juntamente com a grande demanda evapotranspirométrica das regiões, propicia fluxo ascendente a partir do lençol freático e, conseqüentemente, maior concentração de sais à medida que se aproxima da superfície do solo (BERNARDO, 1995).



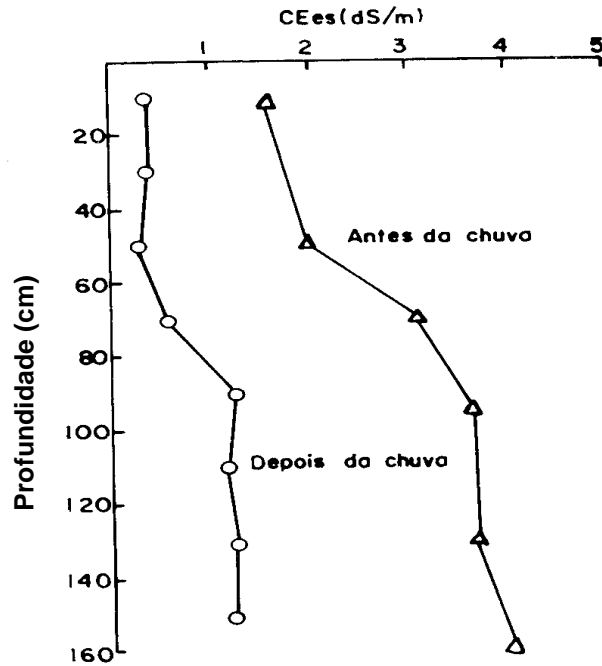
Fonte: MOHAMED e AMER (1972)

Figura 5– Perfil de salinidade com um lençol freático alto.

Em áreas irrigadas situadas em regiões áridas e semi-áridas, nas quais a água do lençol freático é geralmente salina, é necessário minimizar a ascensão capilar para evitar a salinização. Se for economicamente viável e a topografia da área permitir, quanto mais profundo for o lençol, melhor. Nesse caso, a profundidade de 1,5 m é considerada mínima (FERREIRA, 1998).

Recomenda-se que a profundidade na qual o solo deve ser drenado não é aquela que resulta em máxima produtividade da cultura, mas sim a que resulta na melhor relação benefício/custo (FERREIRA, 1998).

Como na maioria das regiões do país existem chuvas significativas, de modo geral não há necessidade de se acrescentar à lâmina total de irrigação quantidade extra para lixiviação dos sais (Figura 6). O que precisa é implantar sistemas de drenagem e melhorar a eficiência da irrigação dos projetos, a fim de não permitir a ascensão do lençol freático, bem como a realização de melhor manejo da irrigação, os quais, juntamente com as precipitações pluviométricas,



Fonte: AZIZ (1968)

Figura 6 – Perfis de salinidade (CEes) de um solo franco-arenoso antes e depois de uma chuva de 150 mm.

farão a lixiviação natural dos sais, evitando a salinização dos solos nos projetos de irrigação (BERNARDO, 1995).

O controle da salinidade tem por objetivo manter o rendimento em níveis de produtividade aceitáveis, sendo a drenagem uma forma importante para assegurar o controle da salinidade no longo prazo.

Na Figura 7 é apresentada a produção de uma cultura em função da profundidade do lençol freático, em dois diferentes tipos de solo. Segundo FERREIRA (1998), os ramos ascendentes das curvas, nessa Figura 7, representam profundidades freáticas insatisfatórias ou déficit de oxigênio no solo, enquanto os ramos descendentes caracterizam deficiência de água no solo, o que proporciona necessidade de irrigação. O cruzamento das curvas caracteriza as diferenças nas propriedades físicas dos dois tipos de solo. Na parte ascendente, o solo argiloso apresenta maior decréscimo de produção, por possuir menor porcentagem de macroporos e alta capacidade de retenção e transmissão de água

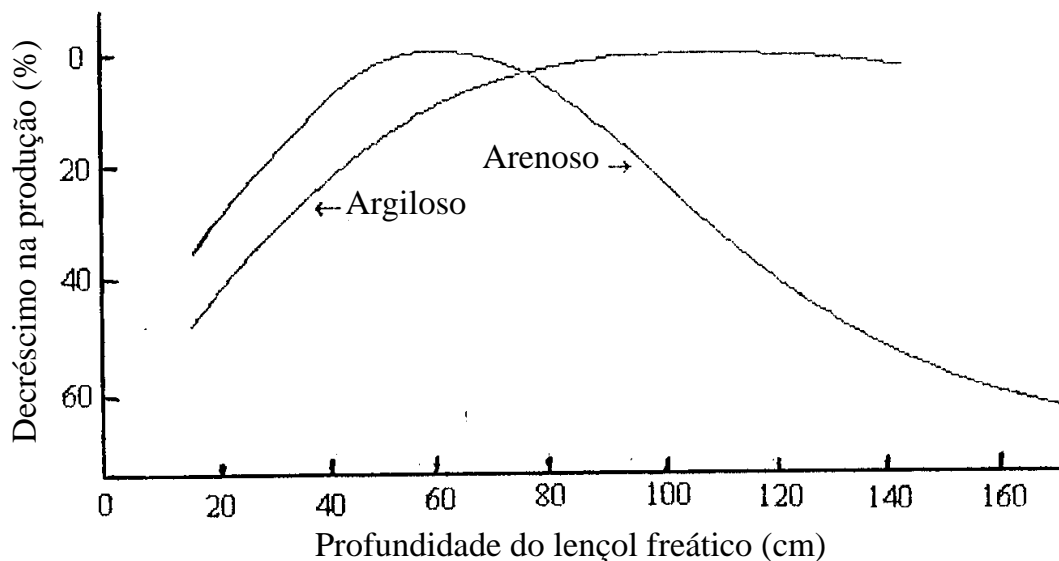
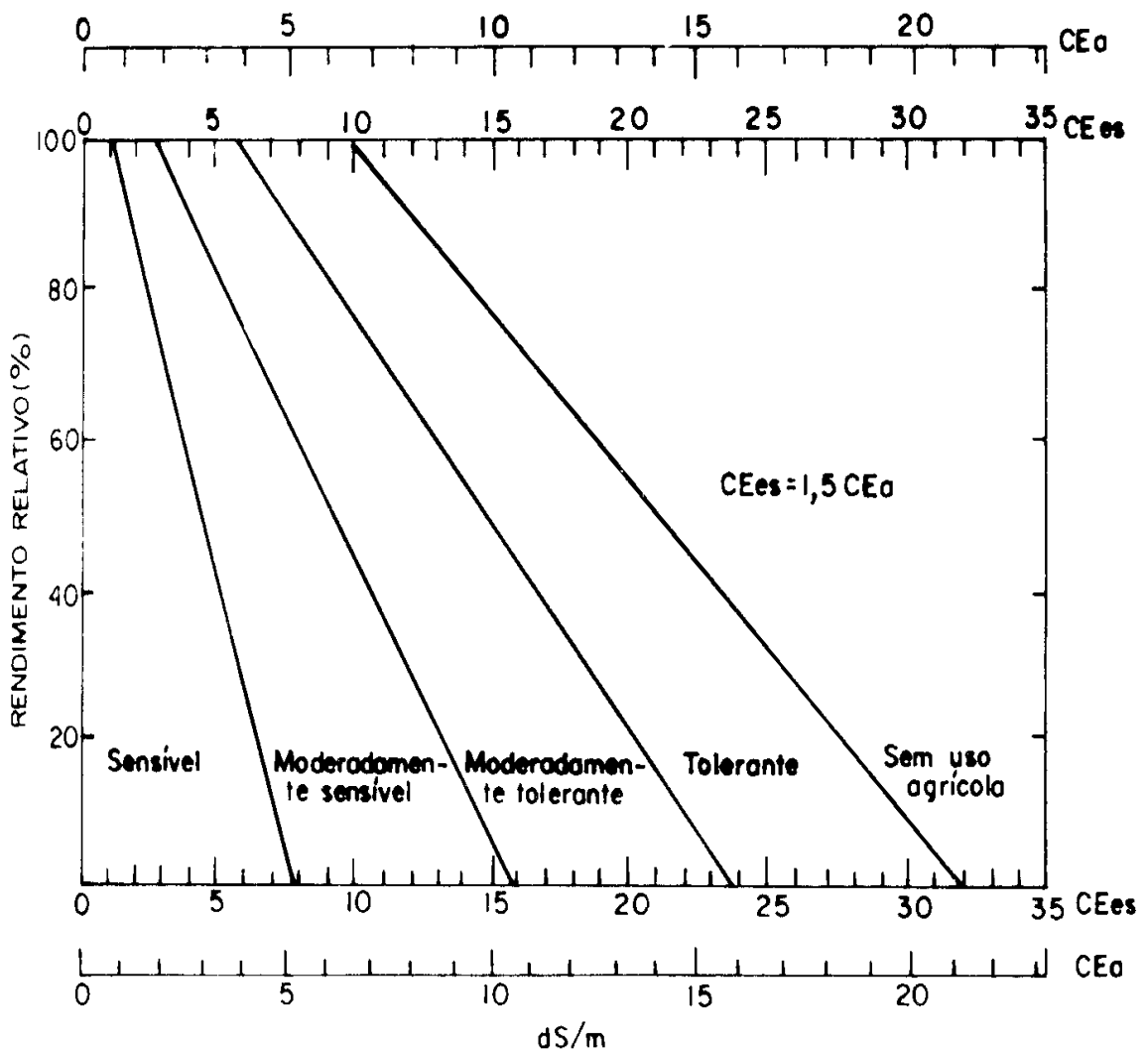


Figura 7 – Produção em função da profundidade freática em dois tipos de solo.

(condições de não-saturação), em comparação com o solo arenoso; isso resulta em menor arejamento. No entanto, como ocorre na parte descendente da curva, o solo arenoso possui baixa capacidade de retenção e transmissão de água em condições de meio não-saturado e o déficit hídrico aumenta muito com a profundidade do lençol freático, enquanto o decréscimo na produção acelera devido ao excesso de drenagem. Portanto, o comportamento da cultura apresentado na Figura 7 ressalta a importância do tipo de solo sobre a profundidade dos drenos.

FERREIRA (1998) destacou a existência de uma relação entre a profundidade freática e os parâmetros operacionais na propriedade agrícola, como o custo de preparo e cultivo da terra e o número provável de dias de trabalho mecanizado. Em geral, profundidades freáticas inferiores a 100 cm oneram os custos operacionais na propriedade agrícola e limitam o número provável de dias de trabalho mecanizado durante o período chuvoso.

Segundo AYERS e WESTCOT (1985), o valor normal da condutividade elétrica da água de irrigação varia entre 0 e 3 dS/m, e na condutividade elétrica da água do estrato saturado o valor é igual a 1,5 valor da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, 4,5 dS/m (Figura 8).



Fonte: MAAS (1984)

Figura 8 – Limites de tolerância relativa à salinidade das culturas.

De modo geral, a produção vegetal decresce linearmente com o aumento da salinidade do solo a partir de determinado nível de salinidade (Figura 8). E como os problemas de salinidade são acumulativos, se as causas que estão provocando o aumento da salinidade do solo, em determinado projeto, não forem diagnosticadas e corrigidas a tempo, a sua produção vegetal decrescerá rapidamente até se chegar ao ponto de não ser mais viável, economicamente, a sua exploração agrícola. Para torná-lo viável, haverá necessidade de fazer a recuperação do solo, ou seja, lixiviar o excesso de sais, mas o custo da recuperação de um projeto será sempre muito maior do que o custo para evitar a sua salinização (BERNARDO, 1995).

Os parâmetros que compõem o fator de sustentabilidade ambiental e drenagem são: sustentabilidade da área irrigada, profundidade do lençol freático, poluição da água, salinidade e poluição química.

### **Sustentabilidade da área irrigada**

A sustentabilidade da área irrigada é a razão entre a área irrigada atual e a área total irrigável, determinada por

$$SAI = \frac{AIA}{ATI} \quad (11)$$

em que

SAI = valor da sustentabilidade da área irrigada, adimensional;

AIA = área irrigada atual, L<sup>2</sup>; e

ATI = área total irrigável, L<sup>2</sup>.

Esse parâmetro diz respeito a aspectos da sustentabilidade física que podem ser afetados pelo manejo da irrigação e estão relacionados, principalmente, ao fornecimento da água sobre ou sob a superfície, causando alagamento ou salinização. É necessário saber se houve abandono da área e qual o motivo que levou a isso: salinização, deficiência de água, baixo rendimento da agricultura ou se devido aos desenvolvimentos industrial e urbano.

## **Profundidade relativa do lençol freático**

A profundidade relativa do lençol freático é a razão entre a profundidade atual do lençol freático e a profundidade crítica para prevenir salinização, sendo determinada por

$$PLF = \frac{PALF}{PCLF} \quad (12)$$

em que

PLF = profundidade relativa do lençol freático, adimensional;

PALF = profundidade atual do lençol freático, L; e

PCLF = profundidade crítica do lençol freático, L.

Grande parte dos impactos ambientais estão relacionados à alteração na profundidade relativa do lençol freático. Segundo AYERS e WESTCOT (1985), muitos dos problemas de salinidade estão associados à presença de nível freático em pouca profundidade, nos primeiros dois metros da superfície.

## **Poluição da água**

Dentro do contexto da avaliação do desempenho da água (irrigação), faz-se distinção entre o consumo e o uso da água. A água consumida pela cultura não poderá ser reutilizada em outra parte do sistema, mas o excesso de sua aplicação poderá ser reutilizado em outra parte do sistema ou em outros sistemas; logo, deve-se quantificar o efeito das atividades do irrigante na qualidade da água.

## **Salinidade**

A qualidade da água subterrânea devido à lixiviação de sais e fertilizantes da rizosfera e ao seu uso e reúso da água de drenagem tende a piorar. O parâmetro utilizado para monitorar a salinidade dentro das áreas irrigadas é a

condutividade elétrica (CE). A condutividade elétrica relativa (CER) é a razão entre a CE atual da água do solo e a CE crítica da(s) cultura(s) para prevenir queda de produtividade, representada por

$$CER = \frac{CE}{CEC} \quad (13)$$

em que

CER = condutividade elétrica relativa, adimensional;

CE = condutividade elétrica atual da água do solo,  $SL^{-1}$ ; e

CEC = condutividade elétrica crítica da cultura,  $SL^{-1}$ .

### **Poluição química**

As fontes de poluição química podem ser devidas à água de esgotos urbanos e industriais que escoam pelos canais ou a pesticidas e fertilizantes lixiviados da rizosfera. No mínimo, devem ser medidas as concentrações de nitratos ( $NO_3^{-1}$  meq  $L^{-1}$ ) e de fósforo (P meq  $L^{-1}$ ).

### **3.3. Indicadores econômicos e sociais**

No planejamento, no projeto e na operação de perímetros irrigados, os objetivos de produção devem estar relacionados com os recursos físicos do local, particularmente o clima, o solo e o suprimento de água, a fim de que se possam atingir e manter a produção proposta e os rendimentos previstos. Também, devem-se levar em consideração diversos fatores técnicos, econômicos e organizacionais para chegar a um projeto, tecnicamente sólido, que possa funcionar do ponto de vista de sua gestão, que seja viável econômica e financeiramente e que esteja, ao mesmo tempo, de acordo com os objetivos de desenvolvimento e produção (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

Segundo BERNARDO (1998), o manejo de qualquer projeto de irrigação deve procurar maximizar a produtividade e a eficiência de uso da água e minimizar os custos, quer de mão-de-obra, quer de capital, de forma a tornar lucrativa a utilização da irrigação.

Vários fatores referentes ao solo, à planta e à atmosfera interagem entre si, influenciando diretamente a produtividade das culturas agrícolas. Certamente existe relação funcional entre esses fatores e a produção das culturas, característica de cada condição ambiental. A resposta das culturas à irrigação pode variar em diferentes solos, climas e, também, em decorrência da quantidade e frequência da aplicação de água. O efeito da água na produção pode, ainda, interagir com fertilizantes e uma série de outros insumos. Entretanto, o êxito da agricultura irrigada depende de muitos outros fatores complementares, dentre os quais podem ser reconhecidos, de imediato: fertilizantes e defensivos, sementes de bom potencial genético, maquinaria e implementos agrícolas adequada e oportunamente disponíveis, facilidade de crédito e comercialização dos produtos, disponibilidade de mão-de-obra durante o ciclo da cultura, pesquisa aplicada, assistência técnica contínua e permanente, educação ambiental, capacitação e organização dos agricultores (FRIZZONE, 1998).

A manutenção tem três propósitos principais: segurança, mantendo os canais em boas condições para minimizar as perdas por infiltração; manutenção do nível de água do canal e, conseqüentemente, da vazão fornecida; e manutenção da infra-estrutura em condições de trabalho. Em perímetros de irrigação, a razão de condução é o parâmetro que melhor reflete as condições de manutenção dos canais.

Os parâmetros que compõem os indicadores econômicos e sociais são: sustentabilidade do nível da água e relação força-vazão, viabilidade econômica, viabilidade financeira do projeto de irrigação, capacidade social e lucro da agricultura irrigada.

### **Sustentabilidade do nível da água e relação força-vazão**

O projeto de um canal é feito para determinada vazão que está relacionada a certo nível d'água. O desempenho hidráulico reflete quanto esses valores de projeto são alcançados. A alteração da distribuição d'água, devido à variação de nível no canal, depende do efeito dessa variação nas estruturas; portanto, os principais responsáveis pelo sistema não atendem às condições de projeto. Essa

mudança de nível, além da estrutura do canal, é o fator mais importante de rompimento do fornecimento de água desejado.

### **Desempenho socioeconômico**

Este conjunto de indicadores está relacionado aos impactos de longo prazo de certo conjunto de estratégias agrícolas operacionais. Tais indicadores têm sido divididos em três categorias primárias: as relacionadas à viabilidade econômica, as relacionadas à viabilidade social e as associadas à sustentabilidade do ambiente físico para a irrigação.

### **Viabilidade econômica**

Cada parte envolvida (irrigantes, projetistas e outros) tem perspectiva diferente do que representa o desempenho econômico. Assim, cada viabilidade exige um conjunto separado de indicadores que refletem esses diferentes objetivos.

### **Viabilidade financeira do projeto de irrigação**

As principais preocupações quando se implanta um projeto de irrigação são o aumento da renda do irrigante e da sua qualidade de vida; logo, surge a necessidade de indicadores que reflitam os custos de manejo, de operação e manutenção (O e M) e alguns ou todos os custos capitais dos sistemas de irrigação individuais. Para quantificar a eficácia do perímetro com relação ao fornecimento real de água e da manutenção dos canais (ou linhas laterais) e às estruturas, usa-se a fração O e M. A fração de operação e manutenção é a razão entre o custo anual de operação e manutenção e o orçamento total do distrito anualmente, representada por

$$FOM = \frac{OMI}{DTD} \quad (14)$$

em que

FOM = fração de operação e manutenção, adimensional;

OMI = despesa com operação e manutenção do projeto de irrigação, \$; e

DTD = despesa total do distrito, \$.

### **Lucros da agricultura irrigada**

Independentemente da viabilidade econômica de um investimento particular, ou da habilidade das agências fornecedoras de água, os produtores devem, principalmente, estar interessados nos ganhos de suas ações em nível individual. Um indicador proposto é a razão entre a receita obtida com as culturas e o custo da água:

$$RPCA = \frac{VC}{CAA} \quad (15)$$

em que

RPCA = razão produtividade e custo d'água, adimensional;

VC = receita da(s) cultura(s), \$; e

CAA = custo da água aplicada, \$.

Como, na maioria das áreas, a água é um recurso escasso, a equação anterior pode ser substituída pela relação entre a massa de produto comercializável e o volume de água derivado para a parcela, que pode ser calculada por

$$RPSA = \frac{MP}{VT} \quad (16)$$

em que

RPSA = relação entre produção e suprimento de água,  $M L^{-3}$ ;

MP = massa produzida comercializada, M; e

VT = volume total de água derivado para a parcela,  $L^3$ .

## Capacidade social

Refere-se à capacidade social das pessoas e às organizações para o manejo e a sustentabilidade dos sistemas da agricultura irrigada.

### 3.4. SISDA

Com o aumento das áreas irrigadas surgiram as preocupações com o consumo exagerado de água e energia. Para contribuir na solução desse problema, o Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com apoio da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), desenvolveu um “software”, denominado SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), que tem como objetivo principal a racionalização do uso de água e energia em lavouras irrigadas, cujo fluxograma é apresentado na Figura 9.

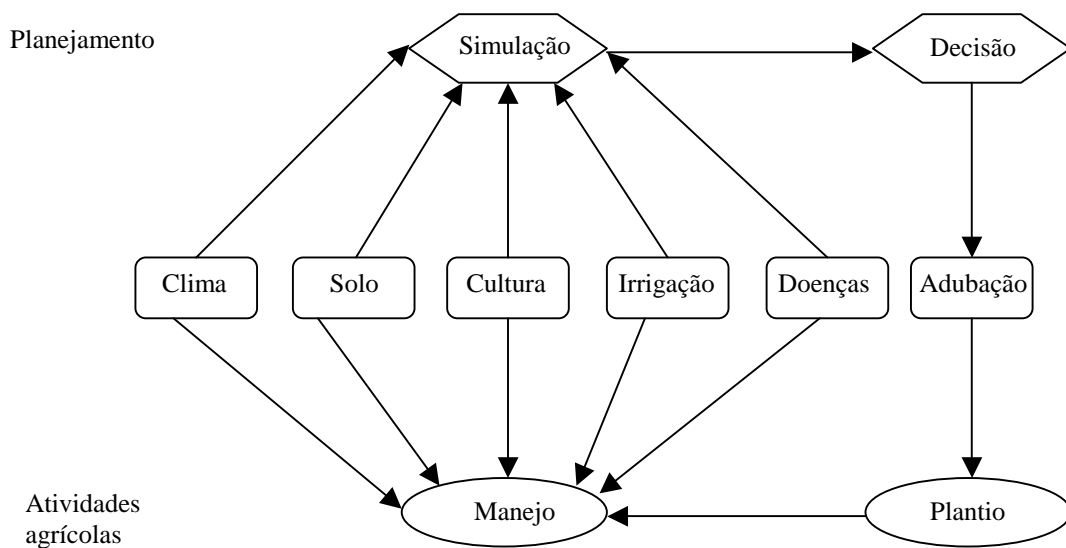


Figura 9 – Diagrama esquemático da estruturação do SISDA.

Borges (1999) destacou a facilidade de comunicação e interação do SISDA com o usuário, sem perder o rigor científico e a praticidade na utilização, tanto do ponto de vista do manuseio do programa quanto de informações, resultados e serviços; e o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, com visão ampla dos aspectos água, solo, clima, planta e sistema de irrigação.

O sistema é apresentado em CD-ROM, desenvolvido em linguagem Delphi 3.0, para Windows 95/98/NT, e requer um espaço de 35 MB no disco rígido, um mínimo de 8MB de memória RAM, um drive de CD, de fácil instalação, cuja concepção técnica envolveu especialistas das áreas de agrometeorologia, manejo e engenharia de irrigação, solos, fitopatologia, fitotecnia e informática.

O sistema SISDA foi criado para fazer manejo e simulação de irrigação. No caso do manejo, o usuário digita periodicamente as informações climáticas, e o programa calcula a disponibilidade atual de água para a cultura e fornece, ainda, relatórios, gráficos e orientações padronizadas e personalizadas. Utilizando uma base histórica de dados climáticos disponíveis no programa, o usuário tem a previsão de chuva e da lâmina a ser aplicada. Com essas previsões, o agricultor reduz a aplicação de água desnecessária e, ainda, pode fazer previsões de pulverizações, preparo de solo e colheita.

Com a simulação, o usuário define, para certo cultivo, a época de plantio e a localidade. O SISDA gera, em relatórios e gráficos, o consumo de água, *deficit* hídrico, o aparecimento de doenças e a duração do ciclo da cultura. Esses dados são indicados principalmente para os projetistas.

Na Figura 9, pode ser vista a estrutura interna do SISDA, onde é mostrada a relação entre seus componentes; na Figura 10, tem-se o diagrama esquemático do cadastro e das operações do SISDA.

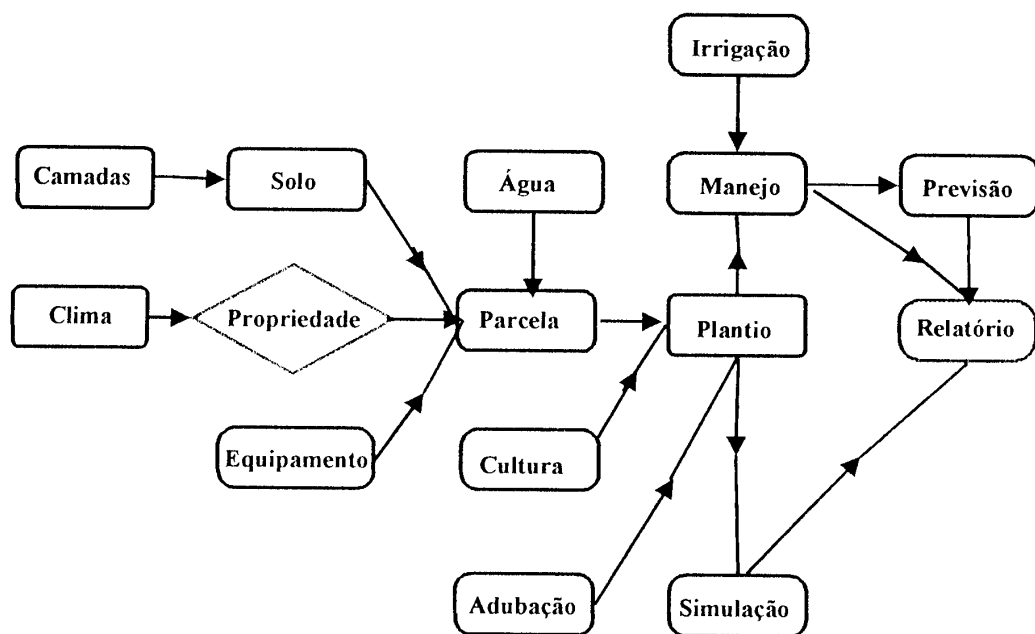


Figura 10 – Diagrama esquemático do cadastro e da operação do SISDA.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi conduzido no Projeto Jaíba, localizado no norte de Minas Gerais. As áreas trabalhadas foram as glebas dos colonos (A, B, C3, D e F), por representarem as condições médias do perímetro irrigado.

Foram determinados os seguintes parâmetros: razão global de consumo, razão de aplicação em nível de parcela, sustentabilidade da área irrigada, profundidade relativa do lençol freático, salinidade, fração de operação e manutenção e relação entre produção de produto comercializável e o volume de água derivado para as culturas.

### **4.1. Razão global de consumo**

A razão global de consumo foi obtida, utilizando-se a expressão 6. Na determinação do volume de água correspondente à demanda de irrigação foi utilizado o aplicativo SISDA. Para tal, simulou-se o manejo de irrigação de diferentes culturas nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998.

O volume gerado foi o somatório do produto entre as lâminas de irrigação das culturas obtidas pelo SISDA com as respectivas áreas. As culturas utilizadas foram: banana, feijão, milho, algodão, arroz e demais culturas, representadas pelo tomateiro. A distribuição da área das culturas está representada na Figura 11.

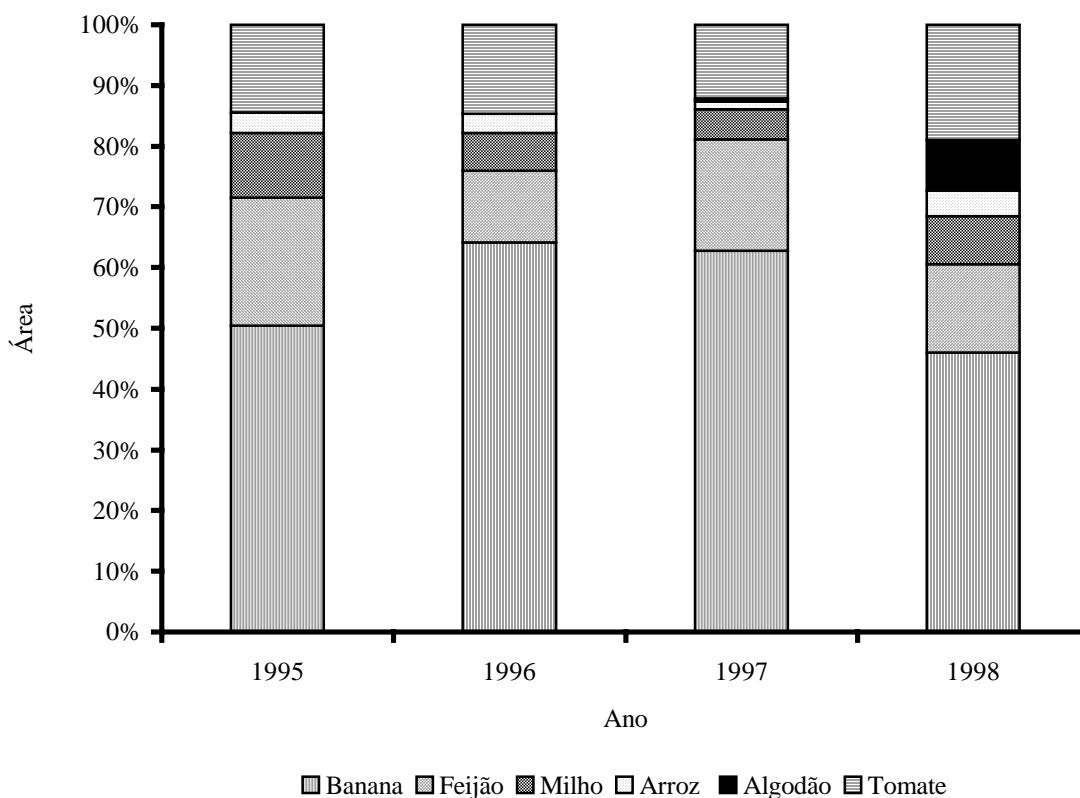


Figura 11 – Distribuição das culturas utilizadas na estimativa da evapotranspiração nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998.

O volume de água de usos doméstico e animal não foi considerado, pois se tratava de um valor pequeno em relação ao utilizado na irrigação.

Os dados climáticos foram obtidos na Fazenda Experimental de Mocaminho – EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais), cuja estação climatológica forneceu os seguintes dados: velocidade do vento, com o anemômetro a 50 cm de altura; umidade relativa média; precipitação; insolação; e temperaturas máxima, mínima e média.

Foram retiradas nove amostras de solo, na profundidade de 0 a 40 cm, para obtenção do ponto de murcha permanente (PM) e da capacidade de campo (CC). Os valores da velocidade de infiltração básica (VIB) e da densidade do solo (ds) foram fornecidos pela EPAMIG (Quadro 1A).

A evapotranspiração de referência,  $E_{To}$ , foi estimada, usando-se a equação de Penman-Monteith (JENSEN et al., 1990).

Os valores dos coeficientes das culturas ( $K_c$ ) médios para o ciclo das culturas utilizadas são apresentados no Quadro A2.

O levantamento referente às áreas e às culturas plantadas em cada período dos anos de 1995 a 1998 foi obtido na PLENA (empresa contratada para prestar assistência técnica aos colonos), para as glebas B, C3, D e F.

O valor da evapotranspiração de referência, gerado pelo SISDA, foi multiplicado pelo  $K_c$  das culturas (Quadro 2A), obtendo a demanda de irrigação para o anos de 1995 a 1998 (Quadros 1B, 2B, 3B e 4B).

O volume de água total derivado para a área dos colonos foi fornecido pelo Distrito de Irrigação de Jaíba (DIJ), sendo estimado com a vazão obtida pela curva característica da bomba e o tempo de funcionamento das bombas.

#### **4.2. Razão de aplicação em nível de parcela**

A razão de aplicação em nível de parcela foi obtida, utilizando-se a expressão 4, em áreas representativas do perímetro (sete glebas), sendo três nos sistemas III e IV da área F (bombeamento coletivo), três na área C3 e uma no sistema III da área B (bombeamento individual).

Foram coletadas informações junto aos agricultores das sete glebas mencionadas anteriormente sobre as culturas plantadas e as respectivas áreas, no período de 12.04.1999 a 02.07.1999.

Na determinação do volume de água correspondente, a evapotranspiração potencial das culturas foi feita por meio de simulação utilizando o aplicativo SISDA, considerando-se a irrigação das sete glebas com as respectivas culturas.

O volume total de água foi obtido, utilizando-se hidrômetros, que foram instalados na entrada dos lotes, onde as leituras eram feitas diretamente no aparelho, para o mesmo período de coleta de dados das culturas.

Os dados de solo foram os valores dos pontos de amostragem apresentados no Quadro 1A.

As culturas utilizadas para avaliação hídrica são apresentadas no Quadro 2, com os valores de Kc e da disponibilidade hídrica, conforme DOORENBOS e KASSAN (1979).

### 4.3. Sustentabilidade da área irrigada

O parâmetro sustentabilidade da área irrigada tem por função indicar a relação entre a área que estava sendo irrigada e toda a área irrigável. Para sua determinação, foi utilizada a expressão 11.

Quadro 2 – Valores médios de Kc das culturas plantadas nas glebas

Dados	Banana	Batata	Manga	Mamão	Feijão	Cebola	Tomate
Kc início	0,4	0,45	0,4	0,55	0,2	0,5	0,45
Kc desenvolvimento	0,85	0,75	0,85	0,7	0,7	0,75	0,75
Kc maturação	1,1	1,13	0,9	0,6	1	1,1	1,15
Kc final	1,1	0,9	0,9	0,6	0,7	0,9	0,85

Os valores da área efetivamente irrigada e da área irrigável foram fornecidos pela PLENA para os anos de 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 e 1998.

### 4.4. Profundidade relativa do lençol freático

A profundidade relativa do lençol freático foi determinada, utilizando-se a expressão 12. A profundidade do lençol freático foi obtida no Distrito de Irrigação de Jaíba (DIJ) para o período de 1990 a 1997.

Pelo relatório do monitoramento dos ambientes aquáticos e da dinâmica e qualidade das águas subterrâneas – Projeto Jaíba – 1ª etapa, feito em 1993 pela CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais), as medidas de nível

d'água foram obtidas com medidor elétrico, tomando-se como referência a boca do poço e subtraindo-se o comprimento do revestimento acima do solo.

Utilizou-se a profundidade crítica segundo AYERS e WESTCOT (1985), em que o valor foi de 2 m.

#### **4.5. Salinidade**

A condutividade elétrica relativa foi obtida, utilizando-se a expressão 13. Os valores da condutividade elétrica foram retirados dos relatórios do DIJ.

O valor da condutividade crítica da água de drenagem foi de 4,5 dS/m, segundo AYERS e WESTCOT (1985).

#### **4.6. Fração de operação e manutenção**

Determinou-se a fração de operação e manutenção, utilizando-se a expressão 14. Os itens despesa total e o gasto referente à despesa de operação e manutenção do sistema de irrigação, nos anos de 1994, 1995, 1996, 1997 e 1998, foram obtidos dos relatórios do DIJ.

A despesa total do distrito foi composta dos seguintes itens: despesas com assistência técnica e apoio à produção, despesa administrativa e despesa de operação e manutenção do sistema de irrigação.

A despesa de operação e manutenção era composta dos seguintes itens: salário de pessoal, energia elétrica, material sobressalente, material de consumo e limpeza, serviços de terceiros, manutenção de veículos, combustíveis e manutenção de canais.

#### **4.7. Relação produção e suprimento de água**

A relação produção e suprimento de água foi determinada, utilizando-se a expressão 16.

A produção de cada gleba foi monitorada pelo DIJ e registrada em relatórios pela PLENA. Foram obtidos os valores das glebas C3, F e D dos anos de 1995 a 1998.

Os dados de produção foram fornecidos pelo agricultor para a PLENA, em que não se sabe até que ponto esse valor é preciso, uma vez que alguns produtores têm receio de fornecer o valor exato da produção, com medo de tratar-se de alguma medida relacionada ao governo e, ou, ao agente financiador da produção.

Como descrito anteriormente, o volume total de água derivado para as culturas foi fornecido pelo DIJ. A partir do momento em que todos os lotes estiverem com os hidrômetros instalados e em operação será possível obter valor mais preciso do volume de água fornecido.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Razão global de consumo**

A razão global de consumo das áreas ocupadas por colonos (glebas B, C3, D e F), nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998, é apresentada na Figura 12.

Observou-se que os valores da razão global de consumo nas glebas C3, D, F e geral foram crescentes a partir do ano de 1996 até o ano de 1998.

O valor máximo (0,96) da RGC ocorreu em 1995, na gleba C3, e o mínimo (0,59) na gleba D, no ano de 1996 (Figura 12).

BASTINGS (1999) apresentou valor médio de 0,48 para a razão global de consumo dos pivôs centrais do perímetro irrigado de Paracatu/Entre-Ribeiros (MG), no ano de 1998.

No Quadro 3, extraído de SOUZA (1999), apresentam-se os valores da razão global de consumo (RGC) entre os anos de 1990 e 1998 no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, situado em Pernambuco.

O valor geral da RGC das glebas do Projeto Jaíba está acima dos valores apresentados por BASTINGS (1999) e SOUZA (1999).

A elevação da razão global de consumo, no período avaliado, pode ser explicada pela constante modernização nos sistemas de irrigação, pois a gleba D começou com irrigação por superfície e, posteriormente, passou para a aspersão

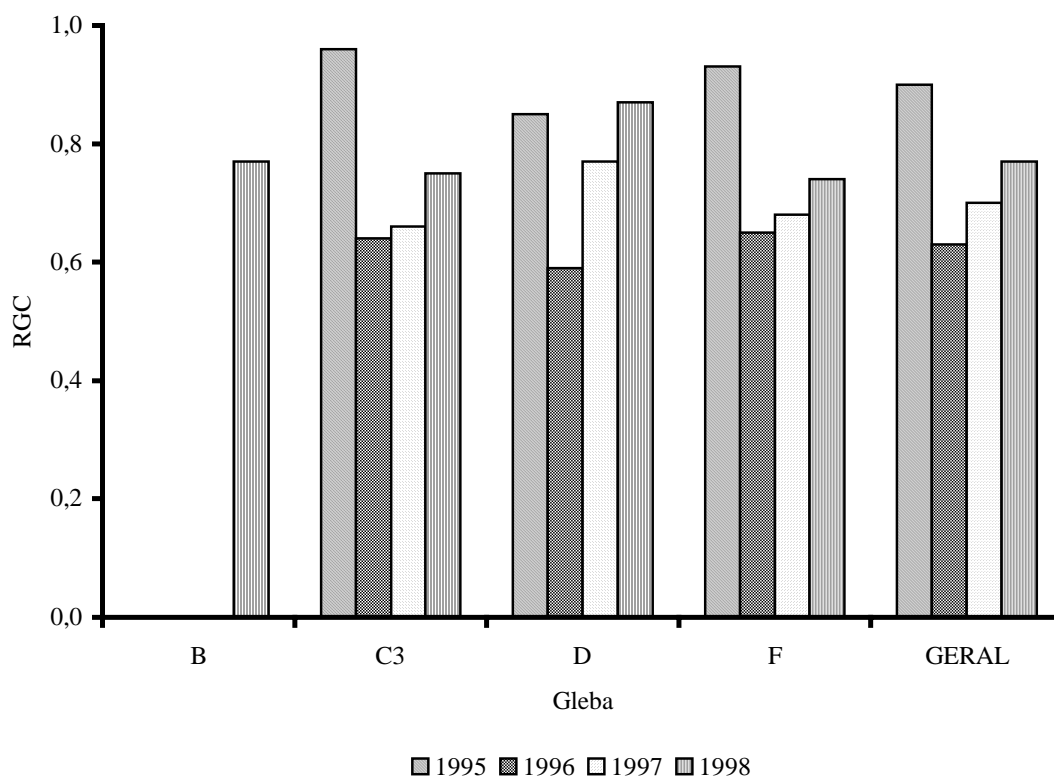


Figura 12 – Valores da razão global de consumo nas glebas B, C3, D e F e o geral dos anos de 1995 a 1998.

Quadro 3 – Fornecimento médio de água e razão global de consumo (RGC) do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, entre os anos de 1990 e 1998

Anos	Área Irrigada (ha)	Etp (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Pe (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Vf (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Forn. Médio (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /há)	RGC
1990	5.055	37.548	9.092	85.496	16,85	0,33
1991	6.637	58.060	20.492	91.332	13,76	0,43
1992	7.460	63.743	21.714	89.106	11,94	0,47
1993	10.472	103.884	11.754	149.637	14,29	0,62
1994	10.960	123.152	34.669	128.664	11,74	0,69
1995	11.782	117.685	43.975	109.568	9,30	0,67
1996	11.301	123.198	35.095	129.916	11,50	0,68
1997	11.666	117.554	32.721	114.212	9,79	0,74
1998	12.161	135.263	30.145	141.931	11,67	0,74

Fonte: SOUZA (1999).

convencional, podendo-se atualmente encontrar sistemas de irrigação localizada; as demais glebas foram implantadas com aspersão convencional; e podem ser encontrados sistemas de irrigação localizada, como microaspersão e gotejamento.

Um fator que pode ter influenciado a elevação da razão global de consumo foi a instalação, embora parcial, de hidrômetros individuais. Os produtores que colocaram hidrômetros em seus lotes pagavam apenas o consumo de água de seu lote, e os demais produtores rateavam o pagamento do volume bombeado menos os volumes dos hidrômetros.

Os valores apresentados na Figura 12, principalmente para o ano de 1995, são altos, o que não quer dizer que seria um valor ideal, mas pode ser que o manejo da irrigação foi inadequado.

## **5.2. Razão de aplicação em nível de parcela**

Os valores da razão de aplicação em nível de parcela estão apresentados na Figura 13. Nos lotes B205, C332, C315, F441, F311 e F426, obteve-se o valor médio de 0,62.

O lote C331 apresentou a razão de aplicação em nível de campo igual a 1,28, o que não era esperado. Esse resultado pode ter ocorrido devido a um manejo de irrigação inadequado com a aplicação excessiva de água ou em decorrência de erros na medição do volume de água aplicado. Em razão disso, tal resultado foi desconsiderado na determinação do valor médio.

Os valores dos lotes B205, C332, F441 foram baixos, levando-se em consideração os valores da RGC apresentados no Quadro 3 e em relação aos demais valores da RAC (Figura 13).

## **5.3. Sustentabilidade da área irrigada**

Os resultados da sustentabilidade da área irrigada (SAI) são apresentados no Quadro 4. As glebas A, B e C3 não continham todos os dados, pois o assentamento dos colonos foi feito ao longo do Projeto Jaíba.

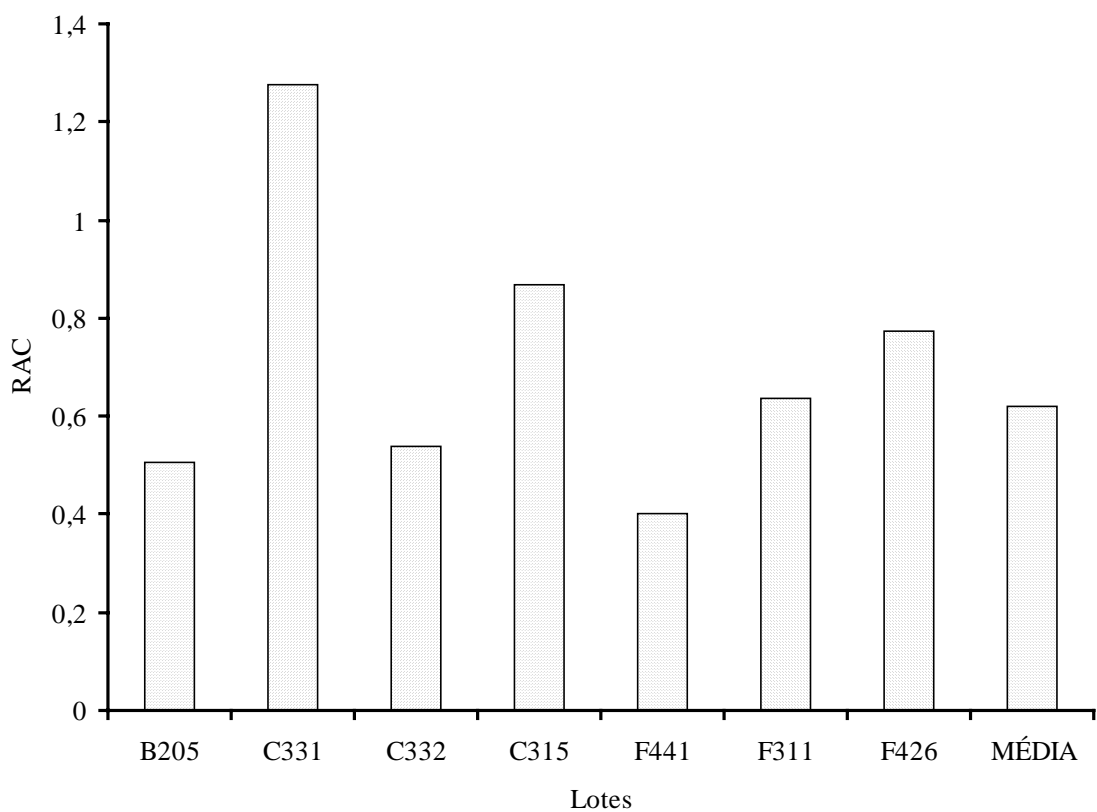


Figura 13 – Valores individual e médio da razão de aplicação, em nível de parcela, nos lotes avaliados.

Quadro 4 – Sustentabilidade da área irrigada em porcentagem

Ano	Gleba	Porcentagem de Área Irrigada em Relação à Área Irrigável												Média
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1993	F	44	44	44	46	48	54	58	64	60	64	64	64	54
	C3			53	57	24	39	62	62	44	35	49	53	48
	D	41	25	39	44	46	43	49	51	46	46	46	35	43
	Média	43	38	44	47	45	49	56	60	54	56	57	55	50
1994	F	44	36	30	54	64	64	58	48	61	54	47	53	51
	C3	48	27	23	45	61	59	53	58	52	42	26	36	44
	D	52	50	24	49	54	54	56	57	55	53	47	49	50
	Média	47	39	28	52	61	61	57	51	58	52	45	50	50
1995	F	53	43	35	43	55	60	61	60	59	50	42	49	51
	C3	40	42	28	34	41	50	45	52	48	42	40	47	42
	D	53	53	55	55	57	60	63	64	63	62	65	68	60
	Média	52	45	40	45	54	59	59	60	59	52	48	54	52
1996	F	52	56	62	65	63	64	66	68	67	65	65	67	63
	B	65	36	38	33	32	45	52	62	49	39	40	48	44
	C3	48	48	43	44	51	58	61	60	52	51	53	56	52
	D	69	68	67	75	76	75	76	73	73	72	73	75	73
	Média	57	54	57	59	59	62	65	67	64	60	61	64	61
1997	F	70	69	67	67	71	75	74	72	63	56	51	54	66
	B	55	41	37	50	62	57	61	62	49	31	31	41	48
	A						42	24	51	27	18	21	38	29
	C3	59	60	61	62	67	76	75	73	59	57	48	35	61
	D	77	75	74	74	75	75	76	67	61	53	38	38	65
	Média	66	61	58	61	68	67	64	66	51	40	37	43	54
1998	F	56	57	56	53	54	58	61	60	55	47	34	35	52
	B	57	59	51	36	36	40	47	55	51	36	29	49	45
	A	47	61	55	38	28	31	44	51	46	43	52	26	44
	C3	37	36	36	36	39	40	47	49	44	38	24	23	37
	D	41	44	45	44	37	39	42	45	41	37	33	55	42
	Média	52	56	52	42	40	43	50	54	50	41	36	39	46

O valor mínimo obtido da sustentabilidade da área irrigada foi de 18% na gleba A, em outubro de 1997, podendo ser justificado por ser uma área em fase de implantação, onde normalmente eram plantadas culturas de ciclo curto, como o feijão, que em agosto apresentava cerca de 91% de área cultivada, tendo sua colheita em outubro e novembro, o que justifica esse baixo valor.

O aumento da porcentagem da área irrigada em relação à área irrigável até 1996 (Figura 14) e, depois, a sua queda podem ser explicados pelo preço praticado na comercialização da banana, uma das principais culturas da região. Nos anos de 1994/1995, segundo informação dos produtores, o preço da caixa da banana ultrapassou os R\$20,00 (vinte reais), o que estimulou o aumento da área de cultivo (Figura 4). Já em 1997, o preço chegou a R\$1,00 (um real), levando muitos produtores a abandonar suas lavouras. Isso pode ser visto também nos valores médios, que apresentaram crescimento até 1996, apresentando valor de 61% e queda nos anos seguintes.

O valor máximo da sustentabilidade da área irrigada ocorreu no mês de janeiro de 1997, apresentando valor de 77% na gleba D (Mocambinho). Nessa data, esta gleba tinha aproximadamente 93% de área cultivada com banana, o que evidenciou a importância desta cultura para a região (Figura 4).

Com a introdução da fruticultura (culturas de ciclo longo), existe tendência de elevar a área irrigada, ficando mais constante ao longo dos anos.

Os problemas enfrentados pelos produtores com a comercialização dos produtos podem estar influenciando a sustentabilidade da área irrigada, a saber: preço na hora da comercialização que, muitas vezes, não cobre o valor da produção; falta de compradores, o que compromete os produtores economicamente para uma futura safra; e preço da energia elétrica e da tarifa de água, que tem aumentado substancialmente nos últimos anos.

O valor da média da sustentabilidade do Projeto Jaíba, 46% em 1998, esteve bem abaixo dos 78% obtidos no Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho (Quadro 5), também em 1998.

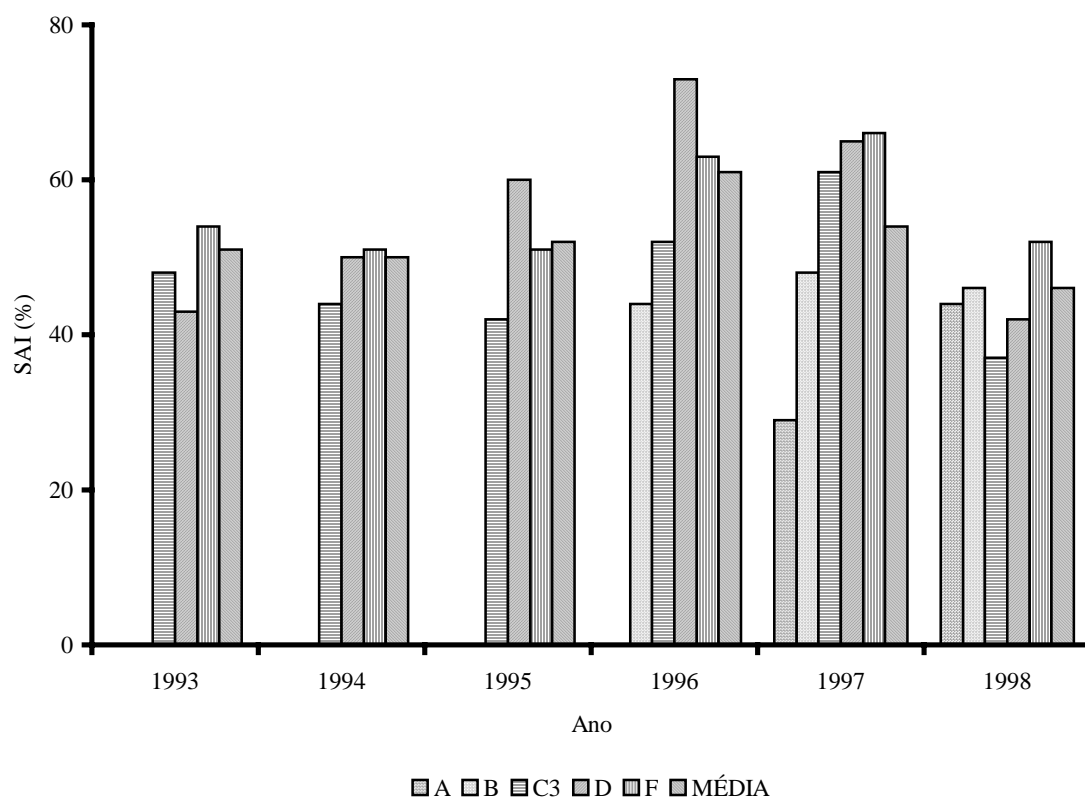


Figura 14 – Valores médios da sustentabilidade da área irrigada do Distrito de Irrigação Jaíba, nas glebas A, B, C3, D e F e média, nos anos de 1993 a 1998.

Quadro 5 – Valor da sustentabilidade da área irrigada do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, no período de 1989 a 1998

Anos	Área Irrigada (ha)	Área Irrigável (ha)	Sustentabilidade
1989	4.354	14.787	0,29
1990	5.055	14.846	0,34
1991	6.637	15.226	0,44
1992	7.460	15.209	0,49
1993	10.472	15.218	0,69
1994	10.960	15.213	0,72
1995	11.782	14.708	0,80
1996	11.301	14.783	0,76
1997	11.666	15.141	0,77
1998	12.161	15.528	0,78

Fonte: SOUZA (1999).

## 5.4. Profundidade relativa do lençol freático

As profundidades relativas do lençol freático nos poços MO-01, MO-02, MO-03, MO-04, C2-2, C3-1, C3-2, AF-01, AF-02, AF-03, AF-04, AF-05 e B1 são apresentadas nas Figuras 15 e 16. O valor da profundidade relativa do lençol freático deve ser maior que a unidade, para que não haja risco de salinização. Como pode ser observado nas Figuras 15 e 16, todas as profundidades relativas do lençol freático foram superiores à unidade.

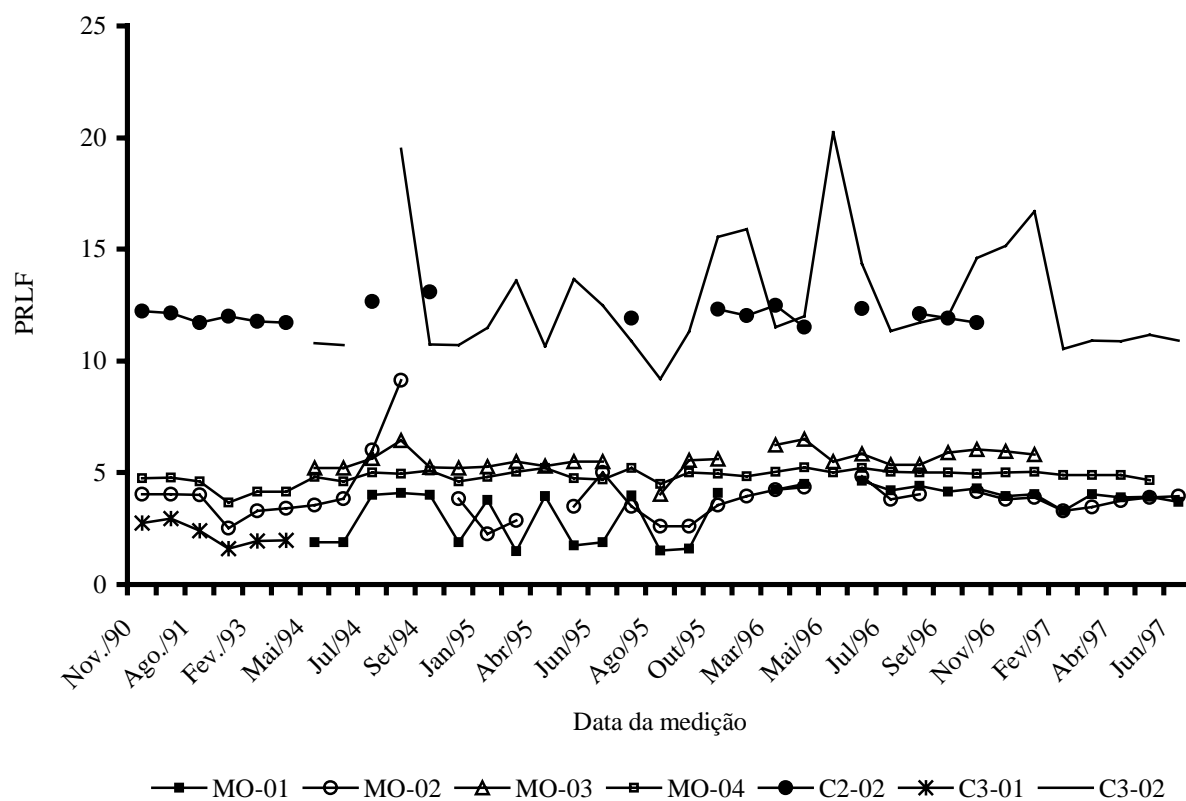


Figura 15 – Profundidades relativas do lençol freático nos poços MO-01, MO-02, MO-03, MO-04, C2-02, C3-01 e C3-02.

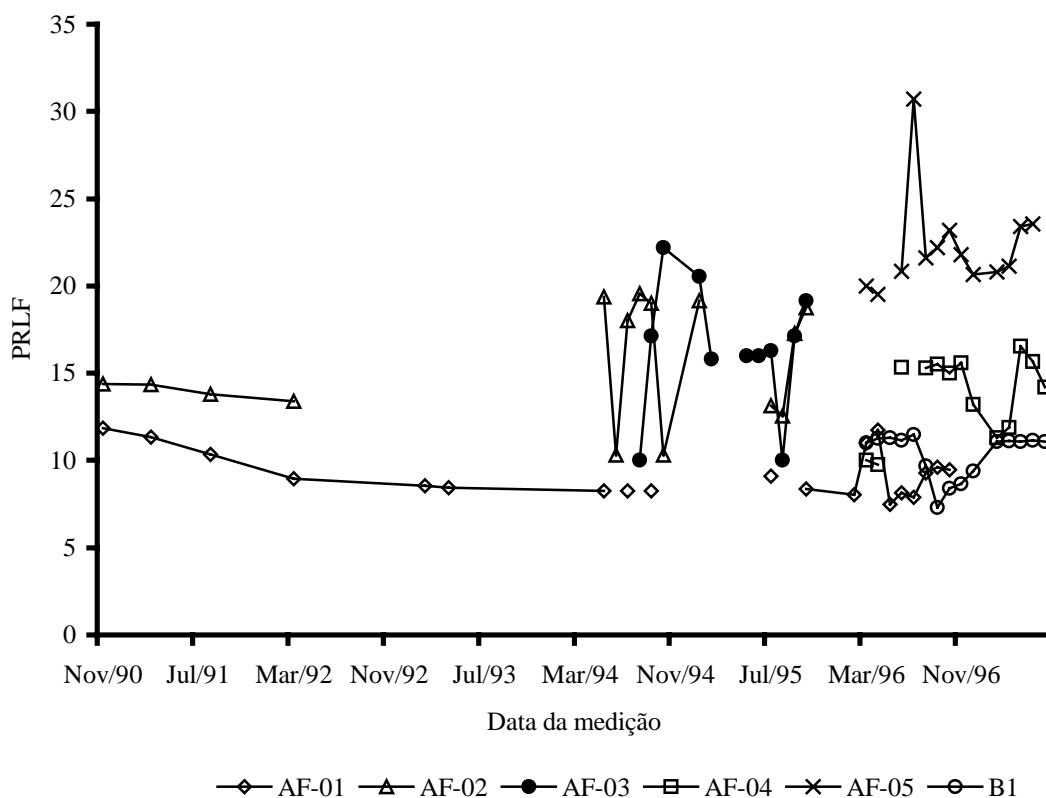


Figura 16 – Profundidades relativas do lençol freático nos poços AF-01, AF-02, AF-03, AF-04, AF-05 e B1.

Segundo AYERS e WESTCOT (1985), muitos dos problemas de salinidade estão associados à presença de nível freático, nos primeiros dois metros da superfície. No poço MO-01, o lençol freático se encontrava mais próximo da superfície, cuja profundidade era de três metros, ou seja, um metro a mais que a profundidade crítica recomendada, portanto não há risco de salinização.

### 5.5. Condutividade elétrica relativa

Na Figura 17 e 18 estão apresentados os valores da condutividade elétrica relativa; Observa-se que seu valor variou de 0,04 no poço MO-02 à 0,58 no poço C2-02, que é inferior a unidade, portanto não há risco de salinização.

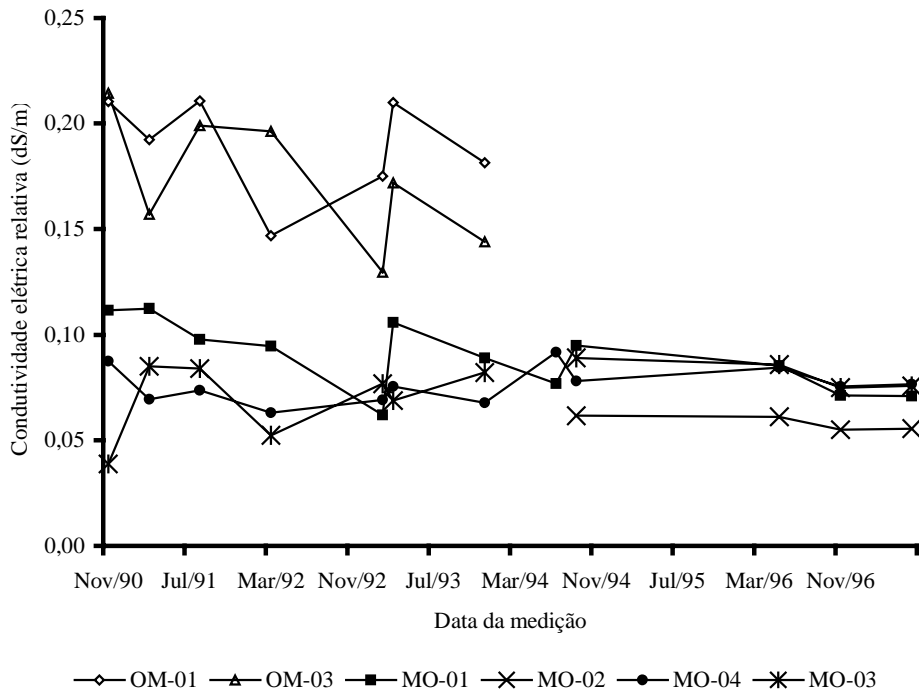


Figura 17 – Valores da condutividade elétrica relativa para a água dos poços: OM-01, OM-03, MO-01, MO-02, MO-03 e MO-04.

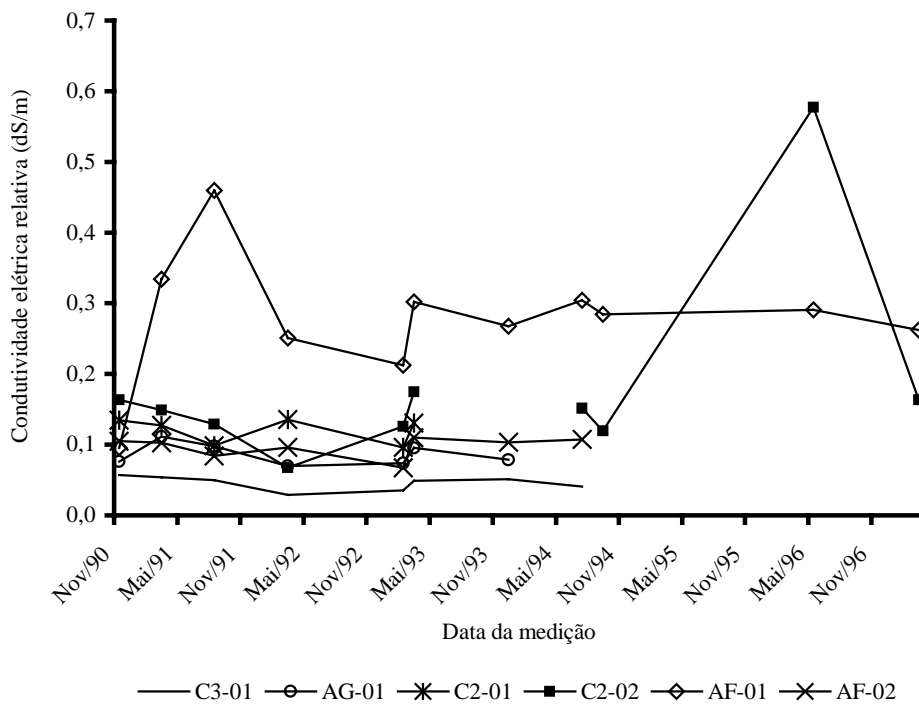


Figura 18 – Valores da condutividade elétrica relativa para a água dos poços: C3-01, AG-01, C2-01, C2-02, AF-01 e AF-02.

O valor de 0,58, apresentada no poço C2-02; correspondia a uma condutividade elétrica de 2,6 dS/m (Figura 19), valor que pode ter sofrido erro de medição ou de digitação no relatório, pois foi maior que as leituras feitas nesse poço, inclusive posterior à sua medição, mas, mesmo assim, esteve abaixo do valor crítico para água de drenagem.

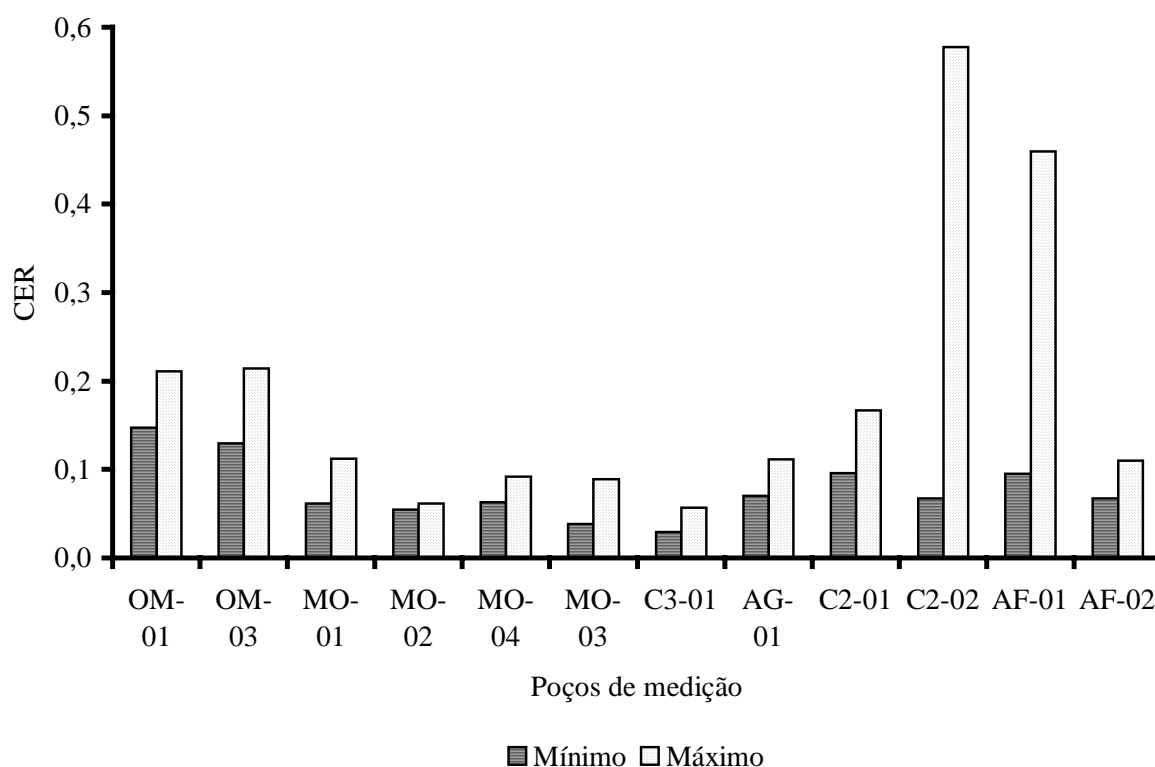


Figura 19 – Valores máximo e mínimo da condutividade elétrica relativa para a água dos poços: OM-01, OM-03, MO-01, MO-02, MO-03, MO-04, C3-01, AG-01, C2-01, C2-02, AF-01 e AF-02.

Nas Figuras 17 e 18 pode ser observado que não houve tendência de variação na condutividade elétrica relativa ao longo dos anos, indicando que o Perímetro Irrigado Jaíba não está em processo de salinização.

## 5.6. Fração de operação e manutenção

Na Figura 20, apresenta-se a porcentagem dos gastos com os itens que compõem as despesas com operação e manutenção da irrigação do Distrito de Irrigação Jaíba.

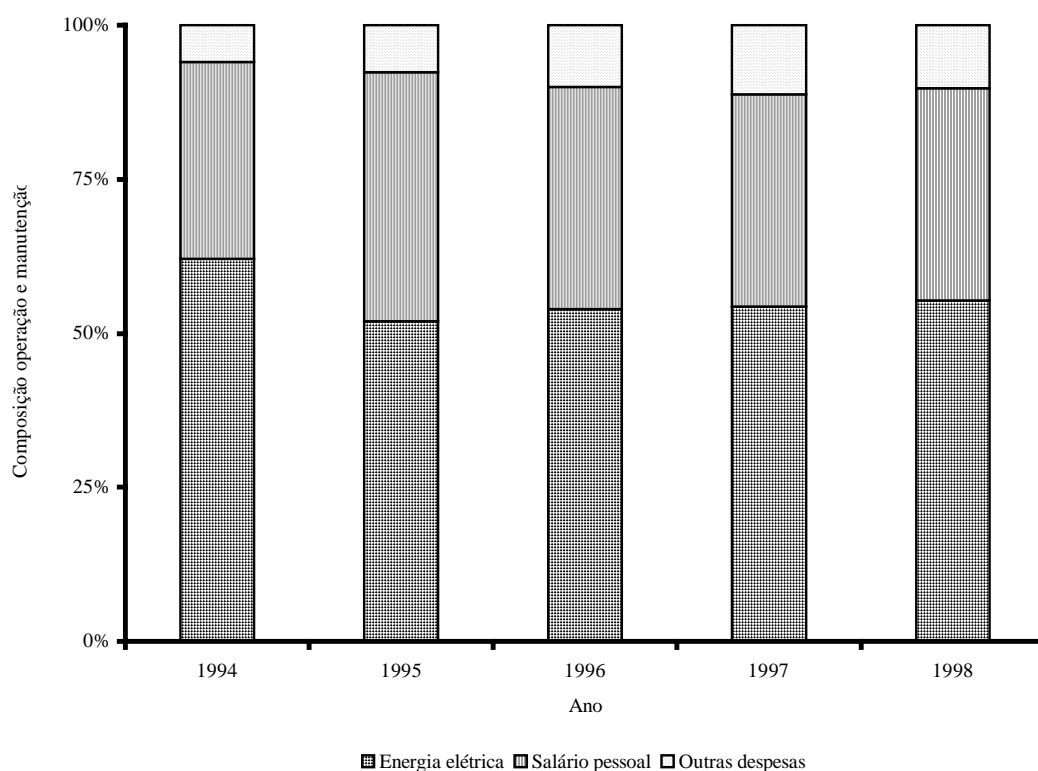


Figura 20 – Composição da despesa com operação e manutenção nos anos de 1994 a 1998, sendo composta de energia elétrica, salário do pessoal e outras despesas (manutenções dos veículos e dos canais, combustíveis, serviços de terceiros e materiais sobressalente e de limpeza).

Observou-se que o item de maior importância foi a energia elétrica, apresentando valores máximo de 62% dos gastos no ano de 1994 e mínimo de 52% no ano de 1995. O segundo fator em importância foi o gasto com mão-de-obra, com valores máximo de 40% no ano de 1995 e mínimo de 32% no ano de

1994. A importância desses dois fatores na composição de custo foi que, juntos, variaram de 94% em 1994 a 89% em 1997. O item outras despesas teve grau de importância menor, pois apresentou valores entre 6% e 11% na composição do custo da operação. Esse item incluiu despesas com material sobressalente, serviços de terceiros, combustíveis, manutenção dos veículos, material de limpeza e manutenção dos canais.

É bom ressaltar que o item energia elétrica não inclui a energia elétrica gasta na área de irrigação individual de cada produtor, que é pago pelo próprio usuário à CEMIG. Ele se refere somente ao bombeamento nas estações de alimentação dos canais principais e secundários, com exceção da gleba F, onde a água chegava ao lote pressurizada.

Na Figura 21 são apresentados os itens que compõem as despesas totais do Distrito. O item apoio à produção está incluído no item assistência técnica.

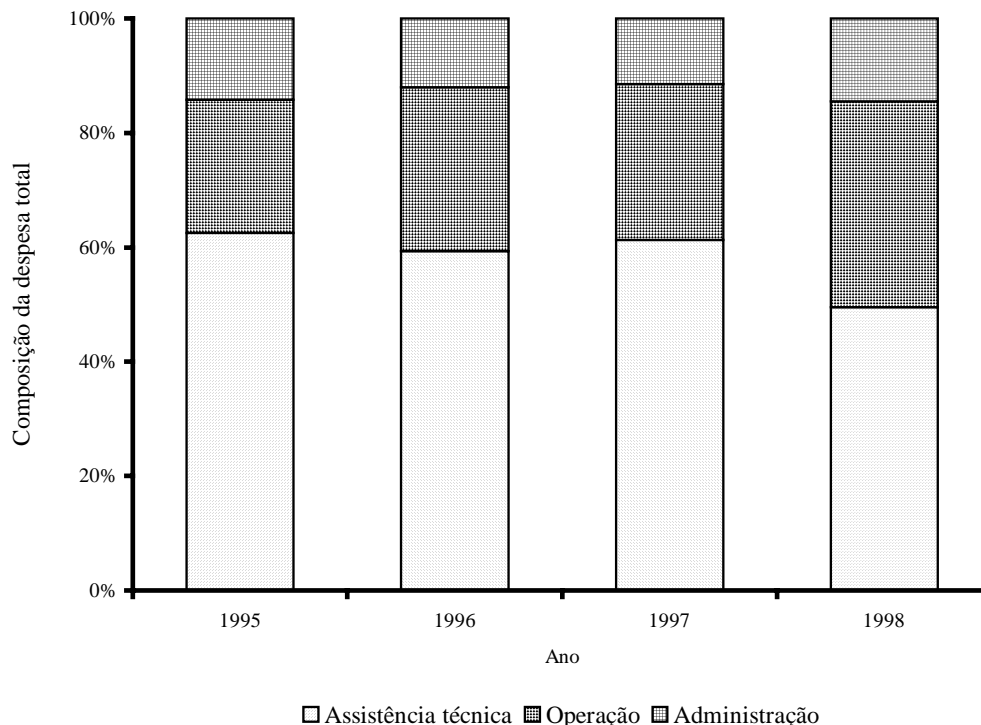


Figura 21 – Composição das despesas totais do Distrito, em porcentagem, nos anos de 1994 a 1998, sendo composta com os gastos de operação, assistência técnica e administração.

Pode ser observado na Figura 21 que, em 1995, o maior gasto foi com assistência técnica, representando quase 51% da despesa total do Distrito, podendo ser justificada pela pequena área irrigada na época, apenas as glebas C3, D e F. À medida que as glebas A e B foram entrando em operação, o gasto com operação e manutenção aumentou, causando redução no gasto relativo à assistência técnica.

Com relação à despesa com administração, o valor máximo foi de aproximadamente 15% no ano de 1998 e o valor mínimo, de aproximadamente 11% em 1997.

Na fração de operação e manutenção, os dados obtidos foram, nos anos de 1995 até 1998, como apresentados na Figura 22, com valores expressos em porcentagem.

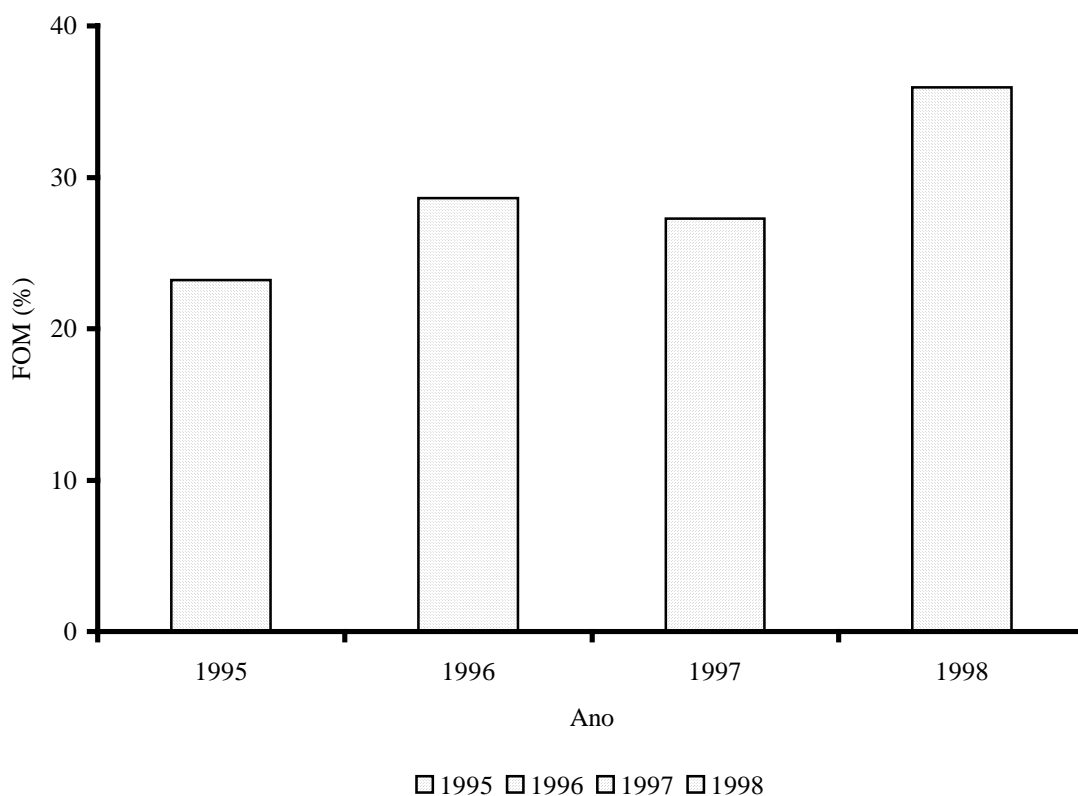


Figura 22 – Valores da fração de operação e manutenção, nos anos de 1994 a 1998, em porcentagem.

O valor mínimo da fração de operação e manutenção foi de aproximadamente 23% em 1995 e apresentou valor de aproximadamente 36% em 1998; esse incremento pode ser explicado pelo aumento da área irrigada.

### 5.7. Relação produção e suprimento de água

Os valores obtidos para a relação produção e suprimento de água (RPSA) são mostrados na Figura 23, na qual se observa, em média, aumento com o tempo. No ano de 1995, o valor foi de 316 g de produto comercializado por m<sup>3</sup> de água, atingindo, no ano de 1998, 434 g/m<sup>3</sup>, correspondente a um aumento de 37%. Um dado que pode estar contribuindo para redução do consumo de água é a introdução de sistemas de irrigação que proporcionam maior eficiência, como a microaspersão e o gotejamento. Outro fator é a experiência que os irrigantes vêm adquirindo com o tempo, principalmente no manejo da irrigação.

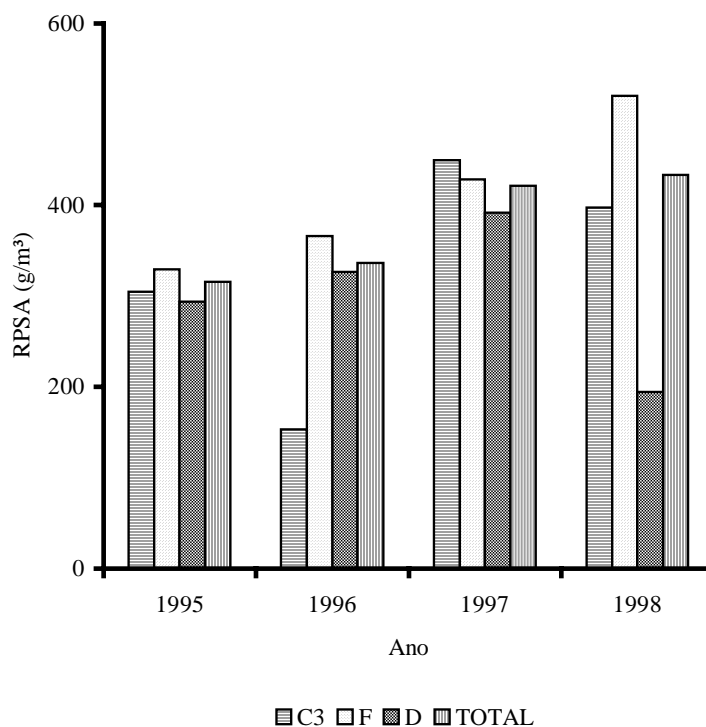


Figura 23 – Relação entre produção e suprimento de água (RPSA) nas glebas C3, F e D e média nos anos de 1995 a 1998.

Na Figura 24 é apresentada a área cultivada com grãos, fruticultura e banana, na gleba C3, nos anos de 1995 a 1998. Observou-se que a área com fruticultura tem aumentado ao longo dos anos. A área com banana apresentou crescimento até 1997 e posterior queda. Em 1996, o RPSA da gleba C3 foi de 153 g/m<sup>3</sup> (Figura 23), podendo ser explicado pelo aumento da fruticultura e do bananal, que estava sendo irrigado e não estava produzindo.

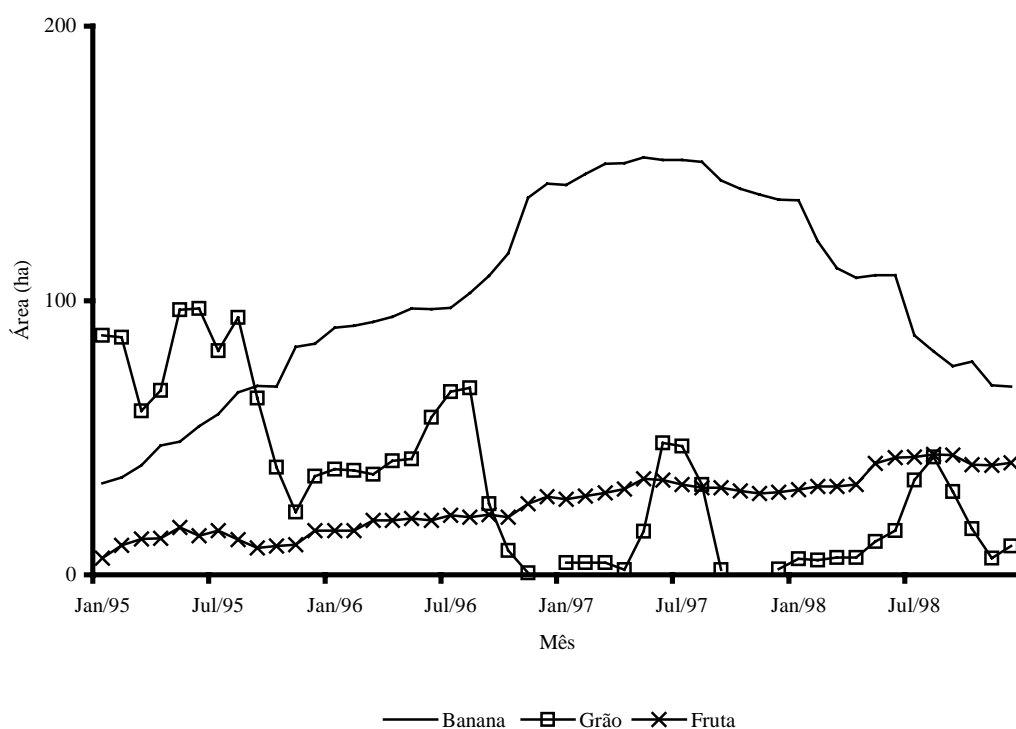


Figura 24 – Área das culturas em cultivo na gleba C3, em ha, nos anos de 1995 a 1998.

A queda do RPSA, apresentada na gleba “D” em 1998, onde foram produzidos 194 g/m<sup>3</sup>, pode ter sido causada pela crise da banana, que sofreu queda de preço no ano de 1997, refletindo no ano seguinte. A produção de banana em 1997 era de 3.629 toneladas, correspondendo a 96% da produção total da gleba D, e em 1998 foi de apenas 1.183 toneladas, correspondendo a 76% da

produção. Nesse período, alguns produtores aumentaram a área com grãos, pastagens e outras fruteiras, que estava sendo irrigada, mas ainda não estava em produção (Figura 25).

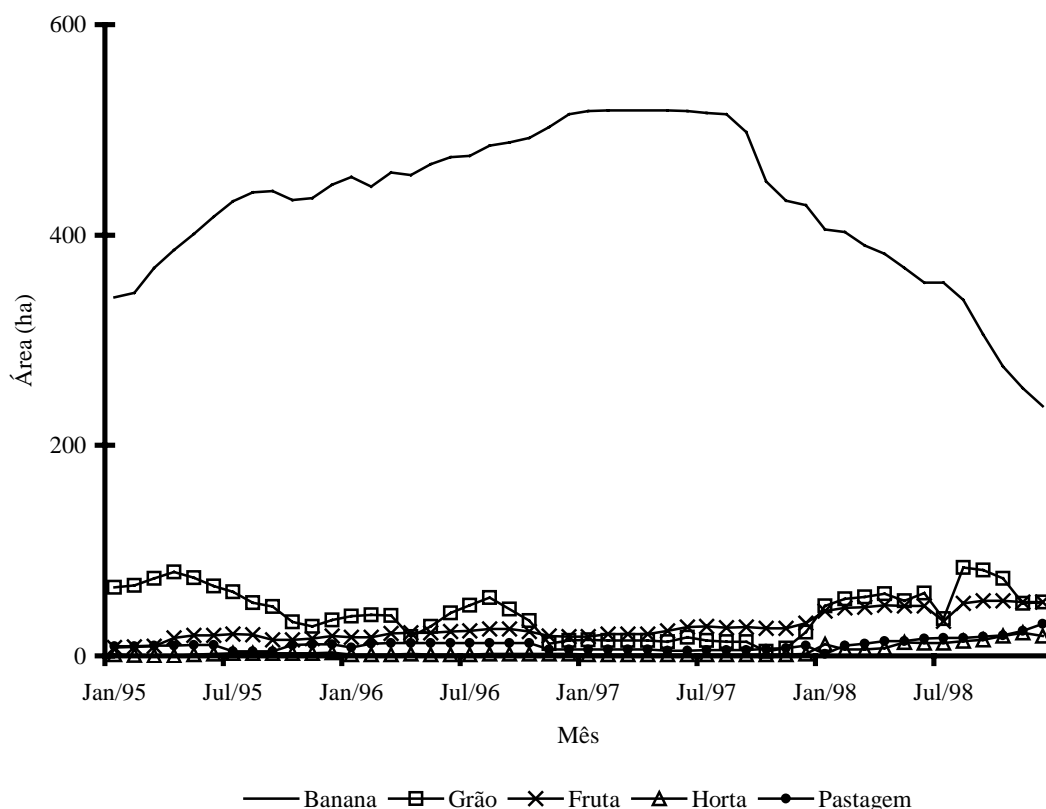


Figura 25 – Área das culturas em cultivo na gleba D, em ha, nos anos de 1995 a 1998.

O valor do RPSA apresentou crescimento no ano de 1997 (449 g/m<sup>3</sup>) e queda no ano seguinte (397 g/m<sup>3</sup>), podendo ser reflexo da crise da banana.

A gleba F apresentou crescimento no valor do RPSA ao longo de todo o período analisado (Figura 23). O que pode explicar tal crescimento é a diversificação de culturas ocorrida na gleba no decorrer dos anos (Figura 26), não dependendo apenas da banana. Mesmo no ano seguinte à crise da banana (1998), o valor do RPSA foi o máximo (520 g/m<sup>3</sup>) encontrado nas glebas analisadas.

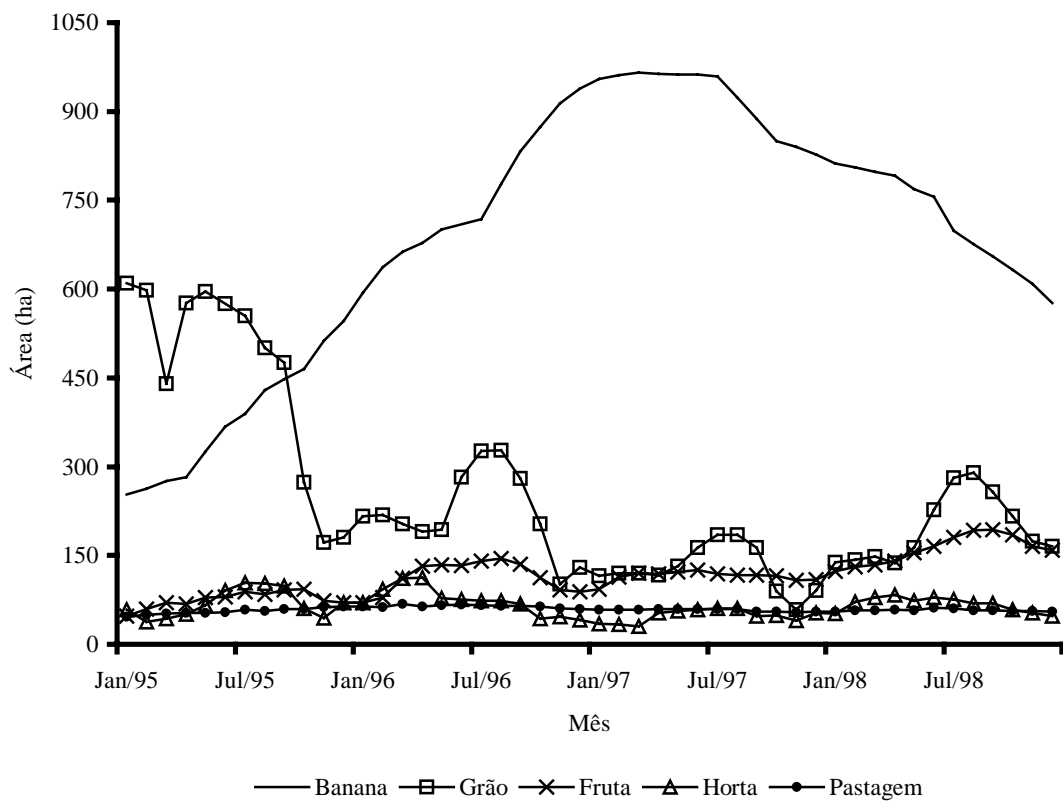


Figura 26 – Área das culturas em cultivo na gleba F, em ha, nos anos de 1995 a 1998.

## **6. RESUMO E CONCLUSÕES**

Este trabalho foi conduzido no Projeto Jaíba, localizado no norte de Minas Gerais, entre 43° 29' e 44° 6' de longitude oeste, 14° 33' e 15° 28' de latitude sul e altitude de 452 m, limitando-se ao norte e leste com o rio Verde Grande, ao sul com o córrego Serraria e a oeste com o rio São Francisco. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o Distrito de Irrigação Jaíba, utilizando-se os parâmetros de desempenho: razão global de consumo; razão de aplicação em nível de parcela; sustentabilidade da área irrigada; profundidade relativa do lençol freático; salinidade; fração de operação e manutenção; e relação produção e suprimento de água, no período de 1990 a 1998.

Na determinação do volume de água correspondente à demanda de irrigação, foi utilizado o aplicativo SISDA, utilizando-se os dados climáticos fornecidos pela Fazenda Experimental de Mocambinho – EPAMIG. A evapotranspiração de referência,  $E_{to}$ , foi estimada, usando-se a equação de Penman-Monteith.

A razão global de consumo foi estimada, considerando-se as culturas cultivadas no perímetro irrigado: banana, feijão, algodão, milho, arroz e tomate. A demanda de irrigação das culturas cultivadas em áreas menores que 20 ha foi considerada igual à do tomateiro.

A razão de aplicação em nível de parcela foi obtida nas áreas representativas do perímetro: três nos sistemas III e IV da área F (bombeamento coletivo), três na área C3 e um no sistema II da área B (bombeamento individual).

O Distrito de Irrigação Jaíba forneceu: a profundidade do lençol freático e a condutividade elétrica da água subterrânea de 12 poços no período de novembro de 1990 a junho de 1997, o volume de água total derivado para a área de colonos e a despesa total e os gastos referentes às despesas de operação e manutenção do sistema de irrigação.

Os dados de culturas e as respectivas áreas, a área irrigada, a área total irrigável e a produção total foram obtidos na empresa PLENA.

Os resultados encontrados nos sete parâmetros do Perímetro de Irrigação Jaíba são apresentados a seguir:

- A razão global de consumo (RGC) foi de 0,90; 0,63; 0,70; e 0,77, nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998, respectivamente.
- A razão de aplicação em nível de parcela (RAC) variou de 0,40 a 0,87, apresentando um valor médio de 0,62.
- A sustentabilidade da área irrigada (SAI) foi de 50, 50, 52, 61, 54 e 46%, nos anos de 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 e 1998, respectivamente, podendo ser considerada baixa.
- A profundidade relativa mínima do lençol freático (PRLF) foi de 1,5 m, correspondente à profundidade de 3 m, não apresentando, portanto, risco de salinização.
- A condutividade elétrica relativa (CER) máxima foi de 0,58; logo, não existindo risco de salinização.
- As frações de operação e manutenção (FOM) foram de, aproximadamente, 23, 29, 27 e 36%, nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998, respectivamente.
- Os valores da relação produção e suprimento de água (RPSA) foram de 316, 336, 421 e 434 g/m<sup>3</sup> de água nos anos de 1995, 1996, 1997 e 1998, respectivamente, valores que podem ser considerados baixos.

As seguintes conclusões foram obtidas:

- Os parâmetros de balanço hídrico (RGC e RAC), apresentaram valores médios de 0,75 para RGC e 0,62 para RAC indicaram que o perímetro apresentou bom desempenho.
- Os parâmetros de sustentabilidade ambiental e drenagem (PRLF, CER e SAI) indicaram que o perímetro apresentou baixo desempenho para a sustentabilidade da área irrigada e bom desempenho para a condutividade elétrica relativa e para a profundidade relativa do lençol freático.
- Os parâmetros econômico e social (FOM e RPSA), indicaram que o perímetro pode ser considerado de baixo desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.T. **Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba.** Viçosa: UFV, 1997. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., **A qualidade da água na agricultura.** Tradução de GHEYI, H.R., MEDEIROS, J.F., DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- AZIZ, M.H.A. Crop water requirements and water quality. In: **Salinity control in Kuwait**, 1968. 43p. (FAO Project Report, mimeo.).
- BASTINGS, I. W. A. **Application of modified-upstream-control for the Paracatu/Entre-Ribeiros irrigation scheme.** M. Sc thesis, Department of Water Management, Environmental and Sanitary Engineering, Technological University of Delft, Delft, The Netherlands, 1999.
- BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. Manejo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas, 1998. p. 117-132.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.
- BORGES, H.Q. **Avaliação do SISDA (sistema de suporte à decisão agrícola) para manejo de irrigação na região de Araçuaí-MG.** Viçosa, MG: UFV, 1999. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

- BOS, M. G. Performance indicators for irrigation and drainage. **Irrigation and Drainage Systems, Netherlands**, v.11, p.119-137, 1997.
- BOS, M.G., MURRAY-RUST, D.H., MERREY, D.J., JOHNSON, HG., SNELLEN, W.B. Methodologies for assessing performance of irrigation e drainage management. **Irrigation and Drainage Systems**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, v.7, n.4, p.121-130, 1997.
- BRITO, R. A. L. **Avaliação do desempenho de um perímetro irrigado: proposta para um modelo conceitual**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, Brasília, DF, 1986. **Anais...** Brasília: ABID, 1996. v.3, p.749-775.
- BRITO, R. A. L., BOS, M. G. **Irrigation performance assessment in Brazil (RPIP-Brazil)**. Sete Lagoas: EMBRAPA/SRH/CODEVASF/IICA/FAPED, DHV, 1997. 28p. (Report, 1). Não publicado.
- CARDOSO, H.E.A., MANTOVANI, E.C., COSTA, L.C. As águas da agricultura. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p 27-28, 1998.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H., **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de GHEYI, H.R., SOUZA, A.A., DAMASCENO, F.A.V., MEDEIROS, J.F. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- FERREIRA, P.A. **Drenagem de terras agrícolas**. Brasília: ABEAS, 1998. 98p.
- FRIZZONE, J.A. Função de produção. Manejo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** Poços de Caldas, 1998. p. 86-116.
- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: By American Society of Civil Engineers, 1990. 332p.
- KLOEZEN, W.H., GARCÉS-RESTREPO, C. Evaluación del desempeñõ del riego com indicadores comparativos: El caso del distrito de Riego Alto Río Lerma, México. **Informe de investigación 21**. Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional del Manejo del Agua, 1998.
- KOSOSKI, A.R. Aproveitamento hidroagrícola com ação governamental. **Palestra apresentada no Simpósio de Irrigação e Agroindústria no Estado de Mato Grsso**. Cuiabá, Setembro de 1997. 13p.

- MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B.R. (Ed.). **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida: CRRC Press, 1984. 125p.
- MANTOVANI, E. C. **Gerenciamento e manejo da irrigação**. Brasília, DF: ABEAS: Viçosa, MG, UFV, DEA, 1998. 75p.
- MOHAMED, N.A., AMER, F. Sodium carbonate formation in Ferhash area and possibility of biological dealcalization. In: **Proc. internat. symp. on new developments in the field of salt affected soils, 4-9**, December 1972, Cairo, Ministry of Agriculture, 1972. p.346.
- PALMER, J.D., CLEMMENS, A.J., DEDRICK, A.R. Field study on irrigation delivery performance. **J. Irrigation and Drainage Eng.**, v.117, n. 4, p. 567-577, 1991.
- SCARDUA, R. Planejamento dos sistemas de irrigação nas fazendas. In: **CURSOS DE ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO, 6**, 1987. Brasília: Programa Nacional de Irrigação (PRONI), 1987. 99p. (Apostila).
- SOARES, A.A. **Irrigação por aspersão e localizada**. Brasília: ABEAS, 1998. 86p. (Curso de Engenharia de Irrigação. Módulo 4).
- SOUZA, G. H. F. **Indicadores de desempenho para avaliação de perímetros irrigados: o caso do distrito de irrigação Senador Nilo Coelho**. Campina Grande, 1999. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, 1999.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Quadro 1A – Valores dos pontos de murcha permanente (PM) – Capacidade de campo (CC)

Local da Amostra	PM %	CC %
B 159	2,34	4,91
B 205	2,12	5,70
B 256	3,05	5,84
C 315	3,95	7,13
C 331	3,00	5,38
C 333	4,10	7,70
F 311	8,60	9,68
F 426	5,60	6,57
F 441	4,50	9,81
Média	4,14	6,97

Quadro 2A – Valores de KC e f nas culturas de banana, feijão, algodão, milho, arroz e tomate

Dados	Banana	Feijão	Algodão	Milho	Arroz	Tomate
Kc	1,10	0,75	0,85	0,80	1,13	0,85

## APÊNDICE B

Quadro 1B – Demanda de irrigação estimada pelo SISDA, no ano de 1995, das culturas de banana, milho, feijão, arroz e tomate

<b>Demanda de Irrigação</b>					
Mês	Banana (mm)	Milho (mm)	Feijão (mm)	Arroz (mm)	Tomate (mm)
Jan.	223	162	152	229	172
Fev.	175	127	119	180	135
Mar.	192	140	131	198	149
Abr.	154	112	105	158	119
Mai	140	102	96	144	108
Jun.	128	93	87	132	99
Jul.	134	98	92	138	104
Ago.	169	123	115	174	131
Set.	195	142	133	200	151
Out.	217	158	148	223	168
Nov.	192	140	131	198	149
Dez.	202	147	137	207	156
Total	2.121	1.544	1.446	2.181	1.641

Quadro 2B – Demanda de irrigação estimada pelo SISDA, no ano de 1996, das culturas de banana, milho, feijão, arroz e tomate

<b>Demanda de Irrigação</b>					
Mês	Banana (mm)	Milho (mm)	Feijão (mm)	Arroz (mm)	Tomate (mm)
Jan.	178	130	122	183	138
Fev.	154	112	105	159	119
Mar.	116	84	79	119	90
Abr.	125	91	85	128	97
Mai	107	78	73	110	83
Jun.	94	68	64	96	72
Jul.	99	72	67	101	76
Ago.	133	97	91	137	103
Set.	150	109	102	154	116
Out.	128	93	87	132	99
Nov.	98	72	67	101	76
Dez.	126	92	86	130	98
<b>Total</b>	<b>1.508</b>	<b>1.098</b>	<b>1.028</b>	<b>1.550</b>	<b>1.167</b>

Quadro 3B – Demanda de irrigação estimada pelo SISDA, no ano de 1997, das culturas de banana, milho, algodão, feijão, arroz e tomate

<b>Demanda de Irrigação</b>						
Mês	Banana (mm)	Milho (mm)	Algodão (mm)	Feijão (mm)	Arroz (mm)	Tomate (mm)
Jan.	128	93	99	87	131	99
Fev.	144	104	111	98	147	111
Mar.	77	56	60	53	79	60
Abr.	95	69	74	65	98	74
Mai	96	70	74	66	99	74
Jun.	75	55	58	51	77	58
Jul.	91	66	71	62	94	71
Ago.	126	92	98	86	130	98
Set.	135	98	104	92	139	104
Out.	176	128	136	120	180	136
Nov.	132	96	102	90	135	102
Dez.	120	88	93	82	124	93
<b>Total</b>	<b>1.395</b>	<b>1.015</b>	<b>1.080</b>	<b>952</b>	<b>1.433</b>	<b>1.080</b>

Quadro 4B – Demanda de irrigação estimada pelo SISDA, no ano de 1998, das culturas de banana, milho, algodão, feijão, arroz e tomate

<b>Demanda de Irrigação</b>						
Mês	Banana (mm)	Milho (mm)	Algodão (mm)	Feijão (mm)	Arroz (mm)	Tomate (mm)
Jan.	132	96	102	90	135	102
Fev.	110	80	85	75	113	85
Mar.	153	111	118	104	157	118
Abr.	141	103	109	96	145	109
Mai	107	78	83	73	110	83
Jun.	92	67	71	63	95	71
Jul.	102	74	79	69	104	79
Ago.	133	97	103	91	137	103
Set.	164	119	127	112	168	127
Out.	179	130	139	122	184	139
Nov.	102	74	79	69	104	79
Dez.	110	80	85	75	113	85
<b>Total</b>	<b>1.525</b>	<b>1.109</b>	<b>1.180</b>	<b>1.039</b>	<b>1.565</b>	<b>1.180</b>