



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

**INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS
A PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO:
DISTRITO DE IRRIGAÇÃO
CURAÇÁ I, BA**

ITE DA CONCEIÇÃO AVELINO ARAÚJO

**Campina Grande
Paraíba**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
Unidade Acadêmica em Engenharia Agrícola



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

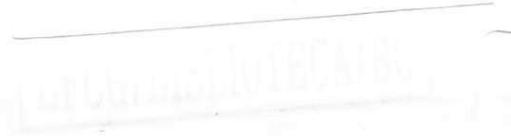
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS A PROJETOS
PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: DISTRITO DE IRRIGAÇÃO
CURAÇÁ I, BA**

DANTE DA CONCEIÇÃO AVELINO ARAÚJO

Campina Grande - Paraíba

Dezembro, 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS A
PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: DISTRITO DE
IRRIGAÇÃO CURAÇÁ I, BA

DISSERTAÇÃO

DANTE DA CONCEIÇÃO AVELINO ARAÚJO

Campina Grande - Paraíba

Dezembro, 2011

INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS A
PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: DISTRITO DE
IRRIGAÇÃO CURAÇA I, BA

DANTE DA CONCEIÇÃO AVELINO ARAÚJO

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação da Universidade Federal de Campina Grande, Estado da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do Grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

LINHA DE PESQUISA: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR

DR. JOSÉ DANTAS NETO

CAMPINA GRANDE/ PB
Dezembro, 2011



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

A659i Araújo, Dante da Conceição Avelino
Indicadores de desempenho aplicados a projetos públicos de irrigação :
distrito de irrigação Curaçá I, BA / Dante da Conceição Avelino Araújo. -
Campina Grande, 2011.
63 f.: il. col.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Prof. Dr. José Dantas Neto.
Referências.

1. Irrigação. 2. Índices. 3. Gerenciamento. 4. Sustentabilidade. I. Título.
CDU 628.1(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dante da Conceição Avelino Araujo

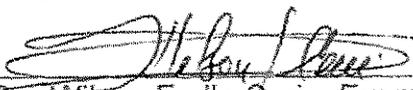
INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS A PROJETOS PÚBLICOS DE
IRRIGAÇÃO: DISTRITO DE IRRIGAÇÃO CURAÇA I, BA

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dr. José Dantas Neto – Orientador

APROVADO


Dr. Wilson Fadio Curi – Examinador

Aprovado


Dra. Vanda Maria Lira – Examinadora

APROVADO

SETEMBRO - 2011

DEDICO,

Ao Grande Arquiteto do Universo que conduz e ilumina meus passos em todos os momentos de minha vida;

Aos meus pais, Jurandir (*in memoriam*) e Antonia e irmãos;

A minha esposa e filhos, Maria do Socorro e Dannilo, Dario e Gabriel.

“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

(Cora Coralina)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por essa passagem e crescimento no mundo.

A minha companheira, mãe dos meus filhos e esposa por todo o amor, carinho, compreensão e respeito.

Aos meus pais, Jurandir do Egypto (in memoriam) e Antonia Avelino que me ensinaram a viver e amar nesse mundo.

Ao Professor Dr. José Dantas Neto pela orientação, amizade e sinceridade nas palavras.

A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF pela oportunidade proporcionada em minha vida profissional.

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG pelo grau de qualificação acrescentado em minha carreira profissional.

Aos professores e professoras do Departamento de Engenharia Agrícola sempre presentes em minha trajetória profissional.

Aos amigos e amigas que se multiplicam nessa trajetória e que contribuíram pelos melhores caminhos a seguir.

Aos que fazem parte do Distrito de Irrigação Curaçá – DIC, pela disponibilidade, colaboração e confiança, representados nas figuras de Antonio Moreira Melo, Antonio Nunes Rosa, Gutemberg Dias e Maria Aparecida.

A todos que contribuíram, direta e indiretamente, pela consecução deste trabalho e, portanto, agradeço sempre.

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS.....	
	LISTA DE FIGURAS.....	
	RESUMO.....	
	ABSTRACT.....	
1.0	INTRODUÇÃO.....	15
2.0	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	Avaliação de Desempenho da Irrigação e Drenagem.....	19
4.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1	Descrição do Projeto de Irrigação.....	24
4.1.1	Antecedentes.....	24
4.1.2	Localização e Acesso.....	24
4.1.3	Clima.....	25
4.1.4	Solos.....	26
4.1.5	Fonte hídrica.....	26
4.1.6	Características e infraestrutura.....	27
4.1.7	Assistencia técnica.....	29
4.1.8	Lotes agrícolas ou parcelares.....	29
4.1.9	Distrito de Irrigação.....	30
4.2	Dados Climáticos.....	31
4.2.1	Estação Agrometeorológica.....	31

4.2.2	Evapotranspiração potencial de referencia.....	32
4.2.3	Evapotranspiração potencial da cultura.....	32
4.2.4	Precipitação efetiva.....	33
4.3	Modelo Cropwat 8.0.....	33
4.4	Indicadores de Desempenho.....	34
4.4.1	Indicadores do Balanço Hídrico.....	35
4.4.1.1	Razão Global de Consumo.....	35
4.4.1.2	Razão Consumo Lote.....	36
4.4.1.3	Razão Consumo Médio.....	37
4.4.1.4	Razão Condução.....	38
4.4.1.5	Razão Distribuição.....	38
4.4.2	Indicador de Sustentabilidade do Uso do Solo.....	39
4.4.2.1	Razão Ocupação Área Irrigável.....	39
4.4.3	Indicadores de Desempenho Economico.....	39
4.4.3.1	Razão Produtividade Água.....	39
4.4.3.2	Razão Operação e Manutenção.....	40
4.4.4	Indicadores de Consumo e Demanda de Energia Elétrica.....	40
5.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1	Indicadores de Desempenho.....	42
5.1.1	Razão Global de Consumo.....	42
5.1.2	Razão Consumo do Lote.....	45
5.1.3	Razão Consumo Médio.....	46
5.1.4	Razão Condução.....	47
5.1.5	Razão Distribuição.....	48
5.1.6	Razão Ocupação Área Irrigável.....	49

5.1.7	Razão Produtividade Água.....	52
5.1.8	Razão Operação e Manutenção.....	55
5.1.9	Consumo e Demanda de Energia Elétrica.....	56
6.0	CONCLUSÕES.....	59
7.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Número de usuários do sistema por setor.....	29
Tabela 2	Razão global de consumo para os setores e do perímetro, em geral, durante os anos de 2008 e 2009.....	43
Tabela 3	Índice de consumo médio mensal, em $m^3 ha^{-1}$, no período 2004-2010.....	47
Tabela 4	Razão de ocupação da área irrigável – área de pequenos produtores, período 2004-2010.....	49
Tabela 5	Razão de ocupação da área irrigável – área de empresas, período 2004-2010.....	50
Tabela 6	Razão ocupação área irrigável (ROAD) – Setor 111, ano 2008.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Divisão político-administrativa Bacia rio São Francisco.....	25
Figura 2	Layout do projeto de irrigação Curaçá/BA.....	26
Figura 3	Vista da estação de bombeamento EB01 e rede de condução.....	28
Figura 4	Unidade de bombeamento – EB01.....	28
Figura 5	Vista canal secundário.....	28
Figura 6	Vista lote agrícola da área de pequeno produtor.....	30
Figura 7	Vista lote agrícola da área empresarial.....	30
Figura 8	Vista frontal do Distrito de Irrigação Curaçá – DIC.....	30
Figura 9a	Estação Agrometeorológica convencional – Campo experimental de Mandacarú – Embrapa semiárido, Juazeiro/BA.....	31
Figura 9b	Abrijo instrumental.....	31
Figura 10	Terminologia de indicadores de desempenho.....	34
Figura 11	Risco salinização do solo.....	35
Figura 12	Razão global de consumo biênio 2008/2009.....	44
Figura 13	Média mensal razão consumo lote, ano 2008, setor 111.....	45
Figura 14	Razão de consumo médio mensal do sistema, em $m^3 ha^{-1}$, período 2004-2010.....	46

Figura 15	Razão de condução médio mensal do sistema, em %, período 2004-2010.....	47
Figura 16	Índice de distribuição médio mensal do setor 112, ano 2010.....	48
Figura 17	Índice de ocupação médio anual, período 2004-2010.....	51
Figura 18	Principais culturas área de pequenos produtores setor 111, ano 2008.....	52
Figura 19	Principais culturas área de pequenos produtores setor 112, ano 2009.....	52
Figura 20	Principais culturas do setor 122, ano 2008.....	53
Figura 21	Principais culturas área empresarial, 2009.....	53
Figura 22	Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 111, ano 2009.....	53
Figura 23	Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 112, ano 2009.....	54
Figura 24	Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 122, ano 2009.....	54
Figura 25	Índice anual da razão operação e manutenção (ROM), período 2004-2010.....	56
Figura 26	Índices de consumo mensal de energia elétrica, ano 2009.....	57
Figura 27	Índices de demanda mensal de energia elétrica, ano 2009.....	58

INDICADORES DE DESEMPENHO APLICADOS A PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: DISTRITO DE IRRIGAÇÃO CURAÇÁ I, BA

RESUMO: Os projetos públicos de irrigação dependem de uma gestão moderna; o objetivo geral desta pesquisa é quantificar e qualificar, através de indicadores e seus respectivos índices, o desempenho do sistema denominado Projeto Público de Irrigação Curaçá I - BA. Para consecução desse objetivo é necessário o levantamento, análise e representação dos dados, no tempo e no espaço, com seleção e aplicação dos indicadores e seus respectivos índices de desempenho relacionados ao balanço hídrico, aos serviços de operação e manutenção, sustentabilidade das áreas irrigáveis e de sequeiro, ao desempenho econômico e a demanda e consumo de energia elétrica. A razão global de consumo (RGC) que fornece índices de confiabilidade do sistema, quando analisada no período anual, apresenta os valores de 0,91 e 0,99 relativos ao biênio 2008/2009, respectivamente, dentro da faixa operacional requerida que é de 0,70 – 1,00, porém, mensalmente, o perímetro apresenta índices que estão fora da faixa aceitável que seria de 0,60 – 1,10. Do período de 2004 – 2010, a razão de consumo médio (RCM) cujo valor de referência do projeto executivo é de $1.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, verifica-se que os valores médios acima do planejado encontram-se inseridos nos meses de agosto a novembro. A razão de ocupação da área irrigável (ROAI) apresenta índices médios anuais acima da unidade, durante o período de 2004 – 2010, o que indica um incremento da área irrigada nos setores da área de pequenos produtores, ao passo que a área empresarial encontra-se subutilizada e com diminuição drástica da área irrigável, a partir do ano de 2010. Considerando-se a razão de produtividade da água (RPA), os índices médios dos setores 111 e 112, ano de 2009, estiveram abaixo da média regional; no setor 122, o índice médio encontrado é de $2,70 \text{ Kg m}^{-3}$. Os índices médios de consumo e demanda de energia elétrica, ano de 2009, foram $0,50 \text{ kWh ha}^{-1}$, $0,53 \text{ kWh m}^{-3}$ e, $0,48 \text{ kW ha}^{-1}$, $0,51 \text{ kW m}^{-3}$, respectivamente, o que indica que a demanda de energia elétrica acompanha os índices de consumo onerando-se os custos de energia elétrica do sistema. De forma global, o projeto indica aspectos de confiabilidade, equidade e eficiência a seus usuários.

Palavras-chave: índices, gerenciamento, sustentabilidade.

PERFORMANCE INDICATORS APPLIED FOR PUBLIC IRRIGATION PROJECTS: IRRIGATION DISTRICT CURAÇÁ I, BA

ABSTRACT: The public irrigation projects rely on modern management; the objective of this research is quantify and qualify using indicators and their respective indexes, the performance of the system called Public Project of Irrigation Curaçá I – Bahia - Brazil. To achieve this objective requires the collection, analysis and data representation in time and space, including the selection and application of indicators and their performance indices related to water balance, the services of operation and maintenance, and sustainability of irrigated and dryland areas, economic performance and energy demand and consumption. The consumption global reason (CGR), which provides levels of system reliability when analyzed in the annual period, shows the values of 0.91 and 0.99 for the biennium 2008/2009, respectively, within the operating range is required from 0.70 to 1.00, however, monthly basis, the project has rates that are outside the acceptable range would be from 0.60 to 1.10. The period 2004 - 2010, the ratio of average consumption (MCR) whose reference value of the executive project is $1.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, it was observed that the average values are above the limit and are between the months August and November. The reason for the occupation of irrigated area (ROAI) presents average annual rates above the unit between the period 2004 to 2010, which indicates an increase in irrigated area in the fields of small farmers, while the business area is underutilized and has a drastic reduction in irrigable area from the year 2010. Considering the ratio of water productivity (WPR), the average rates of the 111 and 112 sectors in 2009 were below the regional average in the 122 sector, the index found average is 2.70 kg m^{-3} . The average rates of electricity consumption and demand, in the year 2009, were 0.50 kWh ha^{-1} , 0.53 kWh m^{-3} and 0.48 kW ha^{-1} , 0.51 kW m^{-3} , respectively, indicating that the demand for electricity follows the consumption rates increasing the costs of electric power system. Overall, the project indicates aspects of reliability, equity and efficiency to its users.

Keywords: indices, management, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural básico para a vida, destinada aos diversos usos consuntivos e não-consuntivos, considerada de valor econômico, com necessidade de monitoramento no que se refere à melhor gestão qualitativa e quantitativa dos problemas ocasionados pela má distribuição espacial e temporal, da competição, poluição e escassez hídrica.

No início, a água era utilizada basicamente para dessedentação e criação de animais e usos agrícolas não tão dependentes da irrigação. Com o desenvolvimento urbano e rural surgiram outros tipos de usos que resultaram em escassez e conflitos entre os diversos usuários.

A República Federativa do Brasil engloba uma superfície territorial de 851 milhões de hectares, destes 29% ou, aproximadamente, 249 milhões de hectares são explorados pela atividade agropecuária, dos quais 77 e 172 milhões de hectares por plantações e pastagens, respectivamente. Segundo Agência Nacional de Águas – ANA (2009) estima-se que o país possua 30 milhões de hectares com potencial para o desenvolvimento da agricultura irrigada, de forma racional e com respeito ao meio ambiente.

Segundo dados dos censos agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006): em 1960, havia 455.433 hectares irrigados; alcançaram 3,12 milhões de hectares, no ano de 1996; no censo agropecuário, ano de 2006, para 4,45 milhões de hectares irrigados. Considerando os dois últimos censos, equivale a um aumento em torno de 42% na área irrigada do país, ou seja, 1,30 milhões de hectares. Apesar desse incremento, o Brasil possui uma das menores relações entre área irrigada e a área irrigável, em torno de 15%, do mundo. A relação entre hectares irrigados por habitante corresponde a uma taxa de 0,023, número considerado inexpressivo diante dos milhões de hectares com potencial para exploração racional.

A dependência da população mundial por alimentos produzidos pela agricultura irrigada, em quantidade e qualidade, torna-se cada vez mais significativa; exige-se tecnificação devido à competitividade e, portanto, eficiência no uso da água, do consumo da energia elétrica, de insumos e do respeito ao meio ambiente. É, também, através da geração de emprego que a agricultura irrigada se destaca; em regiões semiáridas, 1,0 hectare irrigado gera de 0,8 a 1,2 empregos diretos e de 1,0 a 1,2 empregos indiretos, bem superiores a 0,22 da agricultura de sequeiro (Bernardo, 2006).

As técnicas de irrigação, em seus diversos métodos e sistemas de aplicação, têm papel fundamental no aumento dessa produção de alimentos e na expansão da agricultura irrigada relacionada às melhores práticas de uso da água.

Aproximadamente, 90% das áreas irrigadas no país estão sendo desenvolvidas pelo setor privado; enquanto que, os projetos públicos de irrigação contemplam cerca de 10%. Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, a irrigação privada predomina, com ênfase nas plantações de arroz e culturas de grãos; ao passo que, na região Nordeste o foco que, anteriormente, baseava-se em culturas como milho ou feijão, mudou para a produção de frutas irrigadas (ANA, 2009).

Os projetos públicos de irrigação são empreendimentos de infraestrutura implantados pelo governo federal, mediante licitação pública, particularmente, para aproveitamento dos recursos hídricos em atividades agrícolas, agropecuárias e agroindustriais da iniciativa privada; que se utiliza de volume considerável de água e, conseqüentemente, do consumo de energia elétrica.

De forma geral, esses projetos compreendem captação e adução de água, reservatórios, estações de bombeamento, canais, adutoras, redes de distribuição pressurizada, redes de drenagem, subestação de energia elétrica, linhas de distribuição e de transmissão de energia elétrica, redes viárias, lotes agrícolas destinados a pequenos, médios e grandes produtores; o objetivo é incrementar a agricultura irrigada aumentando-se a produção de alimentos, a oferta de trabalho e a geração de renda.

Segundo dados da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF (2007), relativo aos perímetros públicos de irrigação do vale do Rio São Francisco, estima-se que a agricultura irrigada brasileira gerou um valor bruto da produção (VBP) superior a R\$ 1,0 bilhão. As exportações atingiram US\$ 260 milhões, o que representa uma participação de 44% sobre o total das exportações brasileiras de frutas frescas.

A tarifação do uso da água é fator de alta relevância no modelo de irrigação preconizado pela Lei nº 6.662/79 e adotado pela CODEVASF. O custeio de operação e manutenção dos perímetros, bem como os gastos decorrentes da depreciação da infraestrutura de uso comum depende dos recursos financeiros provenientes dessa tarifa. Uma política eficiente de tarifação da água – fundamentada na recuperação dos investimentos públicos, na emancipação e sustentabilidade dos perímetros e no reconhecimento do valor econômico da água – constitui o pilar mais importante do

modelo, sem o que se afasta a possibilidade de sucesso econômico dos empreendimentos (TCU, 2001).

O planejamento e a gestão de sistemas que se utilizam dos recursos hídricos dependem, em grande parte, do conhecimento da quantidade e qualidade da água envolvida no processo de irrigação pública, e de sua avaliação ao longo do tempo. O programa de monitoramento de um projeto deve ser definido e detalhado antes mesmo de sua entrada em operação e os estudos devem apresentar programas e métodos que permitam comparações entre o previsto e o realizado para que os ajustes sejam efetuados.

De acordo com o Banco Mundial (2004), que analisa as principais questões da agricultura irrigada, no Semiárido brasileiro, onde se aponta os resultados positivos, falhas e lições aprendidas, principalmente, no que se refere aos perímetros públicos, recomenda que o início de novos projetos públicos de irrigação só deve ser considerado quando os 323 mil hectares ainda não concluídos se tornem operacionais. Salaria a dificuldade de obtenção de dados e informações na condução das avaliações dos projetos, por parte do governo federal.

Torna-se imperativo, portanto, preencher uma lacuna existente, subsidiando a continuidade dos investimentos na agricultura irrigada e a respectiva estruturação do tema perante os organismos regionais e internacionais de fomento e de controle dos gastos públicos. A representação desse sistema através do uso de indicadores do balanço hídrico, da área irrigável e do desempenho econômico demonstra a importância no desenvolvimento de métodos de avaliação, pois tem como base a tomada de decisão antecipada e adoção de intervenções no momento oportuno; transformando-se dados em informações, que objetive quantificar e qualificar o desempenho do projeto público de irrigação Curaçá I.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Quantificar e qualificar, através de indicadores, o desempenho do Projeto Público de Irrigação Curaçá I – CP01.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar os indicadores de desempenho do balanço hídrico: a razão global de consumo; razão de consumo médio; razão de consumo dos lotes agrícolas; razão de condução e de distribuição da água.

Determinar o indicador de desempenho de ocupação da área irrigável.

Determinar os indicadores de desempenho econômico: razão de produtividade da água e razão de operação e manutenção.

Determinar a razão de consumo e demanda de energia elétrica da estação de bombeamento principal do projeto de irrigação Curaçá I.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A importância dos indicadores de desempenho para a irrigação e drenagem aplicados à gestão ou avaliação de projetos públicos de irrigação é vital para o atendimento das necessidades do gestor. A tendência do uso de indicadores é aprimorá-los para usos específicos ou reduzi-los para que se torne de fácil utilização.

Segundo Molden et al. (1998), a avaliação do desempenho dos projetos através do uso de indicadores justifica-se pela melhoria dos serviços operacional e de manutenção do sistema, acompanhamento das metas estratégicas e avaliação global dos projetos ao longo do tempo e do espaço. Parecer ratificado em Bos et al. (2005), onde o uso de indicadores multidisciplinares e a seleção destes devem ser organizados em função do nível de avaliação e do público-alvo.

3.1. Avaliação de Desempenho da Irrigação e Drenagem

Segundo Bos et al. (2005), a avaliação de desempenho da irrigação e drenagem trata da observação, de forma sistemática e interpretativa, das atividades que estão relacionadas à agricultura irrigada cujo objetivo é a melhoria contínua através da identificação do uso e consumo da água pelos usuários, do monitoramento da série histórica dos indicadores de desempenho, em comparação com valores de referência, para estabelecer o momento oportuno de uma intervenção no sistema.

Portanto, o uso de indicadores de desempenho na avaliação de um sistema é importante e, é imperativo que esse processo de avaliação, operacional ou estratégico, torne-se uma atividade contínua e parte integrante das ações de gerenciamento e gestão do uso da água e do solo. Vários estudos de caso são encontrados na literatura e um número ilimitado de indicadores de desempenho tem sido aplicados aos projetos de irrigação, inclusive com diferenciação de terminologias.

Brito (1986) propôs, de maneira global e conceitual, a utilização de indicadores de desempenho para aplicação em perímetro de irrigação nos quais estão inseridos fatores técnicos, econômicos e sociais como ferramentas de avaliação de desempenho.

Segundo Small & Svendsen (1992) é importante verificar e identificar os fatores que explicam determinados níveis de desempenho e a respectiva metodologia para avaliação de sistemas de irrigação, cuja abordagem representa a entrada, o processo, a

saída e os impactos gerados na utilização da água, tanto no próprio sistema quanto no ambiente externo.

Murray-Rust & Snellen (1993) analisaram o desempenho de vários sistemas, em diversos países, e concluíram que a ausência de uma estrutura e de uma sistemática de desempenho por parte dos gestores contribuiu para o distanciamento entre o planejado e o efetivamente executado, refletindo-se na insatisfação dos usuários.

Em Rao (1993) encontra-se um exame e compilação do tema desenvolvido por diversos autores e pesquisadores separando-os por grupos de interesse, nomenclatura do indicador, a sua definição, variáveis envolvidas e critérios de avaliação.

O trabalho de Bos (1997) detalha 40 indicadores multidisciplinares para avaliação de desempenho de sistemas; assim como, Brito & Bos (1997) selecionaram e aplicaram grupo de indicadores mínimos para avaliação global de projetos de irrigação no Brasil através do "Research Programme on Irrigation Performance" (RPIP).

O referido programa de pesquisa orientado para análise do desempenho de projetos de irrigação no Brasil teve o envolvimento, no ano de 1997, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, da Secretaria de Recursos Hídricos - SRH do Governo Federal, com apoio da CODEVASF para áreas piloto, onde se faria a seleção, o uso e a aplicação de indicadores de desempenho.

Molden et al. (1998) utilizaram-se de indicadores chaves para gerir, avaliar, comparar sistemas, diagnosticar e avaliar desempenho ao longo do tempo, em diversos países. Sakthivadivel et al. (1999) desenvolveram pesquisas de análises comparativas da avaliação de desempenho em diversos sistemas e países, iniciada por Molden et al. (1998), com estudo das variações temporais e espaciais dentro e entre sistemas, ênfase para indicadores de produtividade dos solos e da água.

Estudos da FAO (1999) que trata de modernas práticas de gestão e controle do uso da água relacionam 31 indicadores internos, subdivididos em 3 a 4 subindicadores e, de 10 indicadores externos propostos ou modificados.

Nesse aspecto, os estudos começam a ter uma preocupação não apenas com o sistema escolhido para análise, mas no que se refere ao comparativo entre as melhores práticas de gestão dos sistemas mundiais.

Com relação aos estudos aos estudos iniciados no Brasil, Souza et al. (2001) avaliaram de forma conceitual e global a utilização de um número mínimo de indicadores de avaliação de desempenho proposto pelo RPIP aplicados ao sistema

denominado Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, na região do semiárido nordestino. Medeiros (2002), de avaliar perímetro irrigado quanto ao gerenciamento do uso da água utilizando-se de alguns indicadores de desempenho conforme proposto pelo RPIP.

Verifica-se que a escassez hídrica repercute sobremaneira nos conflitos entre usuários, Laaroussi (2005). O autor reporta ao uso de indicadores de eficiência, de confiabilidade e de melhoria dos serviços do sistema de distribuição e entrega da água a seus usuários, como parte integrante e essencial para o desenvolvimento do perímetro de irrigação Tadla, Marrocos, na solução de problemas crescentes de escassez e conflitos da água.

Com base nos projetos públicos de irrigação, onde se pressupõe que os usuários estão aptos a gerir de forma independente esses sistemas, foi que em Dourado et al. (2006), foi sugerido o uso de indicadores de desempenho em 16 perímetros irrigados da CODEVASF como forma de definir um modelo que permita identificar quando um perímetro reúne condições para sua autogestão. Diógenes (2008) aplicou indicadores de desempenho em perímetro irrigado como forma de identificar as condições naturais de autogestão e possível intervenção.

Mateos (2007) apud Lima et al. (2010) aplica metodologia para avaliação da eficiência do uso da água em projeto de irrigação, da Espanha, em condições de déficit hídrico, tendo como base o balanço hídrico climatológico.

Diante do número ilimitado e da utilização de diversos termos aplicados na literatura mundial sobre o desempenho de indicadores na irrigação e drenagem; necessário se faz estabelecer uma padronização de terminologias e conceitos que possam ser utilizadas como parâmetros.

Na seleção e utilização de indicadores de desempenho para gestão ou avaliação deveremos responder a seguinte questão: Qual o público interessado nessa avaliação? Por exemplo: Grupos de produtores; Engenheiros Projetistas; Economistas; Gerentes de Projetos; Agencias Internacionais; Órgãos Governamentais; Grupos Ambientais; Estatísticos; Educadores; entre outros. Enfatiza-se dessa forma, a importância de focar os indicadores específicos de acordo com os objetivos e grau de detalhamento necessário (Burt, 2000).

A experiência da CODEVASF, adquirida ao longo dos anos, tem demonstrado que a utilização de indicadores que não respondem ao anseio do público-alvo tende a ser

pouco eficiente e a aquisição dos dados prejudicada. Como exemplo, destacam-se os Distritos de Irrigação que, historicamente, se acostumaram a trabalhar apenas com os dados de operação do projeto de irrigação, gerenciamento operacional, sem a devida atenção as estratégias de gestão.

Segundo Bos et al. (2005) o fluxo sistemático e temporal dos dados, sejam eles medidos ou coletados, trata-se de condição essencial para o acompanhamento do desempenho dos projetos, de forma que se torne um instrumento eficaz de gestão. Sobre essa ótica, pode-se afirmar que, para um bom desempenho operacional, é necessário que os objetivos dos níveis de serviço estejam sendo alcançados e que, para o bom desempenho estratégico, os objetivos mais amplos da irrigação e da drenagem estejam sendo cumpridos de forma eficiente.

O desempenho operacional tem como base a rotina dos procedimentos operacionais; enquanto que, o desempenho estratégico é uma ação de longo prazo que avalia se todos os recursos disponíveis tenham sido utilizados para a realização dos serviços, em geral, procedimentos operacionais, para atender e revisar as metas propostas.

Segundo Small & Svendsen (1992) e Bos et al. (2005), identificam-se 05 (cinco) tipos de avaliação de desempenho: operacional, de responsabilização, de intervenção, sustentabilidade e análise diagnóstica. A avaliação de responsabilização propõe medir e avaliar o nível de desempenho dos gestores dos projetos; a avaliação de desempenho direcionada para intervenção procura estudar e aprimorar o desempenho dos projetos; a avaliação da sustentabilidade está relacionada à utilização dos recursos e seus impactos e, finalmente, a análise diagnóstica pretende identificar e analisar as possíveis causas dos níveis de desempenho para consecução de projetos.

As linhas de avaliação de desempenho e dos sistemas de gestão deságuam na preocupação crescente da sustentabilidade desses projetos de irrigação, principalmente em países em desenvolvimento, onde os acessos à água e aos serviços demandados pelos vários usuários necessitam de avanços significativos, como principal instrumento de redução da pobreza e inclusão social (Molden et al., 2007).

Muitos projetos de irrigação utilizam muito mais água do que a planta necessita para o seu consumo, tal procedimento é responsável por uma variedade de efeitos indesejáveis, dentre eles, a salinidade dentro da área irrigada. É visível a ausência de monitoramento e avaliação de áreas propensas à salinização nos projetos de irrigação

implantados na região Semiárida do Nordeste Brasileiro. Gheyi et al. (2010), estimam-se haver 9,0 milhões de hectares de solos propensos à salinização no Brasil, fato que limita a produção agrícola e torna onerosa a atividade da agricultura irrigada.

O sucesso de uma organização é reflexo do seu desempenho e, portanto, deve ser mensurado. Sem avaliação não há controle, o monitoramento sistemático propicia a identificação das causas do desempenho deficiente e a possível intervenção. As práticas de gestão mais viáveis, a sustentabilidade dos recursos água e solos para o aumento da produção agrícola, correlacionam a demanda e oferta de água, identificam e monitoram os níveis do desempenho dentro do sistema, identificando-se as melhores práticas através da análise dos indicadores, no intuito de maximizar a produção e garantir o equilíbrio no fornecimento de água aos usuários (Bos et al., 2005).

Dos estudos recentes no Brasil desenvolvidos por Medeiros (2002), os resultados obtidos no uso da água permitiram concluir que, devido à inexistência de um programa de gerenciamento dos recursos hídricos no perímetro de irrigação de Pirapora, Estado de Minas Gerais, houve uma aplicação excessiva de água que teve implicação direta no aumento do consumo de energia elétrica, como também se identificou que alguns meses do ano apresentaram déficit hídrico, demonstrado pelos indicadores denominados de razão de aplicação parcelar ou razão consumo de água do lote ou parcela e, a razão total de consumo ou razão global de consumo. O primeiro indicador gerencial, função das principais culturas presentes no lote ou parcela, do clima e do intervalo entre demandas de água, em razão do volume de água fornecido ao lote. O segundo representa a razão entre o requerimento de água necessário as principais culturas presentes no sistema durante todo seu ciclo, das variáveis climáticas; do intervalo entre demandas de água e da variável volume de água fornecido para o referido sistema.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição do Projeto de Irrigação

4.1.1 Antecedentes

A construção do perímetro público de irrigação Curaçá teve início no ano de 1975, com as atividades da operação no ano de 1980 e a etapa da cogestão ou gestão compartilhada entre produtores e governo federal, em 1990, com a criação do Distrito de Irrigação Curaçá – DIC. Atualmente, encontra-se na fase de autogestão onde as questões de regularização fundiária estão finalizadas e o custo operacional é integralmente assumido pela organização dos produtores; porém, ainda necessita de modernização e complementação de algumas obras.

4.1.2 Localização e acesso

Na região hidrográfica do submédio do Rio São Francisco, que abrange os estados da Bahia e Pernambuco, estendendo-se da cidade de Remanso até Paulo Afonso/BA (Figura 1), encontra-se inserido o sistema denominado Projeto Público de Irrigação Curaçá – CP01, na margem direita do Rio São Francisco, a uma altitude média de 350 metros; cuja captação da Estação de Bombeamento Principal - EB01 encontra-se nas coordenadas geográficas: 09°03'44" latitude sul e 40°02'52" longitude sul.

O referido projeto localiza-se a 75 km do município de Juazeiro, Estado da Bahia, com acesso pela rodovia BA-210 que interliga o município de Curaçá ao de Juazeiro e, deste a capital Salvador através da BR-235.



Figura 1. Divisão político-administrativa Bacia Rio São Francisco. Fonte: ANA, 2004.

4.1.3 Clima

O clima na região onde está situado o perímetro irrigado, que segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo semiárido quente – Bshw (Peel et al., 2007). A precipitação pluviométrica média anual é de 480 mm, com chuvas concentradas em 4 meses (dezembro a março). A evapotranspiração de referência anual média, segundo o método de Penman-Monteith, ajustado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, para a estação de Mandacarú, município de Juazeiro, corresponde a 1.847 mm. O déficit hídrico médio é de 1.367 mm ano⁻¹, com temperaturas médias em torno de 26°C, máximas e mínimas, 32°C e 21°C, respectivamente, e umidade relativa do ar média de 63%.

4.1.4 Solos

Os solos distribuídos nas áreas do perímetro irrigado são rasos e pouco evoluídos, classificados como: argissolos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta, conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B (92,90%); neossolos constituídos por material mineral, pouco evoluído, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (2,20%) e associação de classes (4,80%).

4.1.5 Fonte hídrica

Captação direta do Rio São Francisco através da EB01 que possui 05 (cinco) bombas de eixo vertical perfazendo 2.576 kW de potência total instalada. Vazão de captação $5,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e por mais 07 (sete) estações de rebombeamento que totalizam 25 (vinte e cinco) motores bomba correspondendo a 3.136 kW de potência total instalada (Figura 2).

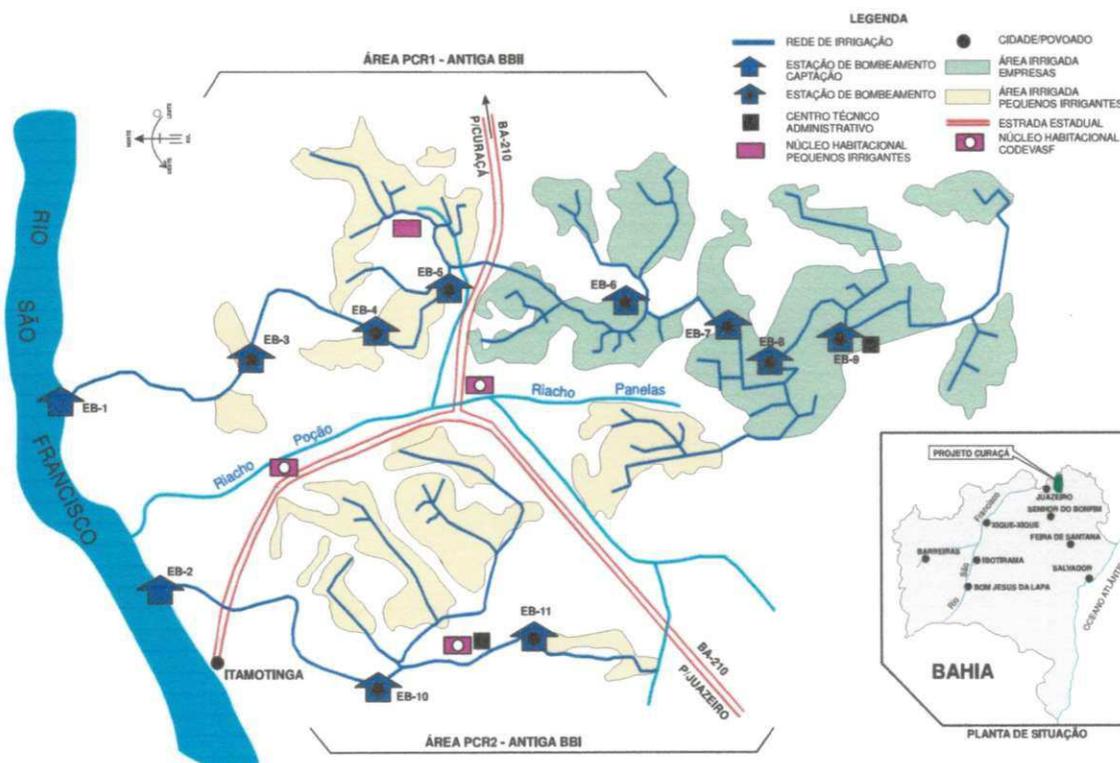


Figura 2. Layout do projeto de irrigação Curaçá/BA. Fonte: Codevasf/Consórcio, 2006.

4.1.6 Características e infraestrutura

As características do projeto público de irrigação descrita a seguir fazem parte do sumário executivo da empresa CODEVASF/MI e de suas alterações ao longo do processo de convenio estabelecido entre a empresa pública e o Distrito de Irrigação Curaçá - DIC para administração, operação e manutenção do mesmo.

Fonte hídrica: Rio São Francisco

Clima: semiárido quente (Bshw)

Altitude: 350 m

Temperatura média anual: 26°C

Precipitação pluviométrica média anual: 480 mm

Evapotranspiração referencia média anual: 1.847 mm

Déficit hídrico médio anual: 1.367 mm

Umidade relativa média: 63%

Área irrigável: 3.342,36 ha

Solos: argissolos (92,90%); neossolos (2,20%) e associação de classes (4,80%)

Área lote grande empresa: acima 50 ha

Área lote média empresa: até 50 ha

Área lote pequeno produtor: até 10 ha

Nº lotes médios e grandes produtores: 15 ud

Nº lotes pequenos produtores: 125 ud

Métodos irrigação: superficial (sulcos abertos ou fechados) e pressurizada (aspersão; microaspersão e gotejamento)

Principais culturas: uva, manga, coco, maracujá e melancia

Rede de Condução/Distribuição

Canais de irrigação: principal, secundários, terciários e quaternários, perfazendo 165 km, incluindo-se os canais parcelares. Conduitos forçados e caixas de distribuição, (Figuras 3, 4 e 5).



Figura 3. Vista da estação bombeamento - EB01 e rede de condução.



Figura 4. Unidade de bombeamento - EB01



Figura 5. Vista canal secundário

Rede de Drenagem

Drenos: principal, secundários, terciários, quaternários e parcelares, perfazendo 167 km. Bueiros e galerias.

Rede Viária

Estradas de serviço: acesso aos lotes e núcleos habitacionais; escoamento da produção; perfazendo 172 km.

Empregos gerados

Diretos: 4.800

Indiretos: 7.200

Núcleos Habitacionais

Possui dois núcleos habitacionais destinados, inicialmente, aos produtores rurais; denominados de NH-III e NH- IV e compostos por residências, escolas, postos de saúde e de policiamento.

4.1.7 Assistência técnica

Os serviços de assistência técnica e extensão rural são disponibilizados aos lotes de pequenos produtores, total de 125 lotes familiares ou de pequenos produtores, através de contratos com empresas do setor privado, via licitação pública, sob o acompanhamento e fiscalização da CODEVASF.

4.1.8 Lotes agrícolas ou parcelares

A distribuição da água ocorre para os lotes de pequenos produtores (Figura 6), cuja área varia entre 5,0 e 8,5 ha, totalizando-se 125 unidades parcelares, divididos entre os setores de número 111, 112 e 122 (Tabela 1). Os denominados médios produtores totalizam 4 unidades parcelares, cuja área é inferior a 50 ha; os lotes de grandes produtores (Figura 7), em número de 12 unidades parcelares, que variam entre 50 e 800 ha, inseridos no setor de empresas.

Tabela 1. Número de usuários do sistema, por setor.

Setor	Área	Usuários
111	Peq. Produtores	44
112	Peq. Produtores	45
122	Peq. Produtores	36
-	Empresarial	44
Total Geral		169

Fonte: CODEVASF/DIC, 2011.



Figura 6. Vista lote agrícola área pequeno produtor



Figura 7. Vista lote agrícola da área empresarial

4.1.9 Distrito de Irrigação

A sede administrativa do perímetro, DIC, (ver anexo 1) fica localizada no km 22 + 450 do canal principal – CP01, próximo à estação de rebombeamento EB-09, área do setor de empresas (Figura 8).

O DIC é uma entidade não governamental, sem fins lucrativos, cujo objetivo é administrar, operar e manter o projeto público de irrigação através da cobrança da tarifa K-2, dividida através das tarifas de custo fixo (K-2.1) e dos custos variáveis (K-2.2), aos usuários do sistema. Na composição do custo fixo (K-2.1) estão inseridas as despesas administrativas e de pessoal; além da utilização da área potencialmente irrigável. Para a composição do custo variável (K-2.2) insere-se as despesas de operação e manutenção, além do volume de água fornecido aos usuários. A tarifa denominada K-1 refere-se à cobrança feita pelo governo federal aos usuários para o retorno do investimento, geralmente, na forma de plano de trabalho para obras em áreas de uso comum do perímetro.



Figura 8. Vista frontal do DIC.

4.2. Dados Climáticos

4.2.1 Estação agrometeorológica

Os parâmetros agrometeorológicos necessários as principais atividades agropecuárias, tornam-se fundamentais na interpretação dos maiores problemas das regiões semiáridas do mundo que é a irregularidade das chuvas e a ocorrência de elevadas temperaturas, que implica em taxas significativas de deficiências hídricas. A resposta tem que ser imediata para que a tomada de decisão dos gestores reflita de forma positiva e os resultados sejam delineados pela eficiência da agricultura irrigada.

A Estação Agrometeorológica de Mandacarú localizada em Juazeiro, estado da Bahia (Figuras 9a e 9b), inserida nas coordenadas latitude $09^{\circ}24'S$ e longitude $40^{\circ}26'W$ e altitude de 375,5 m, disponibiliza informações sobre temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa média do ar, radiação solar incidente, insolação, velocidade do vento a 2,0 m de altura, precipitação e evaporação do tanque Classe A.



Figura 9a. Estação Agrometeorológica Convencional - Campo Experimental de Mandacarú - Embrapa Semiárido, Juazeiro/BA. Fotos: Magna Selma Beserra de Moura

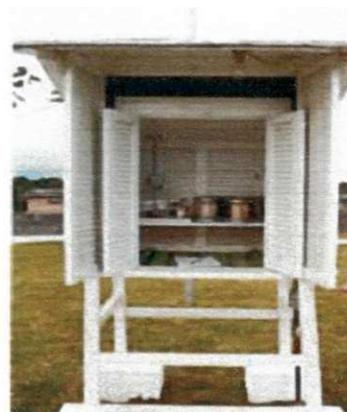


Figura 9b. Abrigo instrumental

4.2.2 Evapotranspiração potencial de referencia – ETo

Segundo Bernardo (2006), para determinar as necessidades hídricas de uma cultura é fundamental o conhecimento da ETo, que pode ser determinada através do método de Penman-Monteith, considerado padrão pela FAO, que engloba dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e insolação.

A ETo é estimada mensalmente através da equação do método combinado de Penman-Montheith (Allen et al., 1998), dada pela seguinte expressão:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \left(\frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Onde, ETo é expresso mm d⁻¹, enquanto Rn (saldo de radiação) e G (densidade do fluxo de calor no solo) são expressos em MJ m⁻² d⁻¹, Δ é a declinação da curva de saturação do vapor da água (kPa °C⁻¹) e U₂ é a velocidade do vento (média diária) medida a 2,0 m da superfície do solo (m s⁻¹), T é a temperatura do ar (°C), e_s é a pressão de saturação do vapor (kPa), e_a é a pressão real do vapor (kPa) e γ é o fator psicrométrico (MJ kg⁻¹).

4.2.3 Evapotranspiração potencial da cultura – ETp

Trata-se da evapotranspiração de determinada cultura quando as condições de umidade e nutrientes presentes no solo são considerados ótimos, permitindo-se a produção potencial dessa cultura. Refere-se à evapotranspiração de uma determinada cultura hipotética que cobre todo o solo e que esteja em crescimento ativo, além de não sofrer qualquer restrição hídrica e nutricional. A relação ETp e ETo dá-se pela seguinte expressão:

$$ETp = Kc \cdot ETo$$

Onde, Kc é o coeficiente da cultura.

4.2.4 Precipitação efetiva – Pe

Define-se como a parte da precipitação total que é utilizada pela cultura para o atendimento da demanda de evapotranspiração da mesma; após diminuir-se parte que escoar superficialmente e parte que percola abaixo do sistema radicular (Bernardo, 2006).

4.3. Modelo Cropwat 8.0

O critério adotado na pesquisa foi trabalhar com o modelo Cropwat 8.0 (FAO, 2006) e o desenvolvimento de planilha Excel subsidiado através de dados da EMBRAPA/CPATSA, responsável pelos dados consistidos da Estação Agrometeorológica de Mandacarú.

O modelo Cropwat é um programa de computação desenvolvido e aperfeiçoado pela FAO entre os anos de 2000 a 2006, utilizado para o cálculo da necessidade de água das culturas e o respectivo requerimento de irrigação, com base em dados climáticos.

Na determinação da ETo utiliza-se o método combinado de Penman-Monteith, descrito anteriormente, a partir de dados climáticos da estação agrometeorológica de Mandacarú: temperaturas, umidade do ar, insolação e velocidade do vento.

O modelo estabelece para o cálculo das necessidades de irrigação a diferença entre a evapotranspiração máxima da cultura e a precipitação efetiva, com base em dados mensais, utilizando-se alguns métodos empíricos na determinação da precipitação efetiva (ver anexo 2). A precipitação confiável é dada de acordo com o método da Water Management and Irrigation Systems Group - AGLW/FAO desenvolvido em climas árido e subúmido; fórmula empírica que pode ser utilizada para fins de projeto, nos casos de precipitação com 80% de probabilidade de excedencia, estimando-se perdas por escoamento superficial e percolação, conforme as seguintes expressões empíricas:

$$P_{efetiva} = 0,6P_{total} - 10 \quad \leq 70 \text{ mm}$$

$$P_{efetiva} = 0,8P_{total} - 24 \quad > 70 \text{ mm}$$

4.4. Indicadores de Desempenho

Um indicador (taxa, índice) é uma medida em geral quantitativa dotada de significado substantivo e usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito. Um bom indicador deve ter valor próprio; ser capaz de mostrar resultados, mensurável e estatisticamente significativo (Jannuzzi, 2004).

A metodologia do presente trabalho segue as orientações do “Research Program on Irrigation Performance” (RPIP) em conjunto com as orientações práticas do manual “Irrigation and Drainage Performance Assessment” (Bos et al., 2005), para análise dos indicadores da tendência dos mesmos no tempo e na sua distribuição espacial. É, portanto, interesse dessa pesquisa estabelecer um grupo mínimo de indicadores que possam ser utilizados pelos gestores públicos e privados, aprofundando-os conforme a necessidade.

Na Figura 10, avalia-se a tendência de um indicador no tempo. Este método ajuda a identificar tendências que podem ser revistas antes das medidas corretivas se tornarem muito caras e/ou muito complexas.

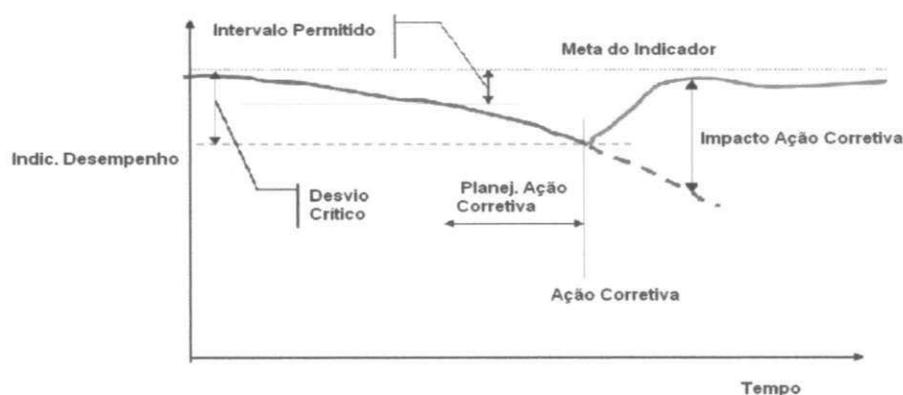


Figura 10. Terminologia de indicadores de desempenho. Fonte: Bos et al., 2005.

Variável plotada no tempo em referencia ao “nível crítico” e o respectivo desvio a que está submetido (Figura 11).

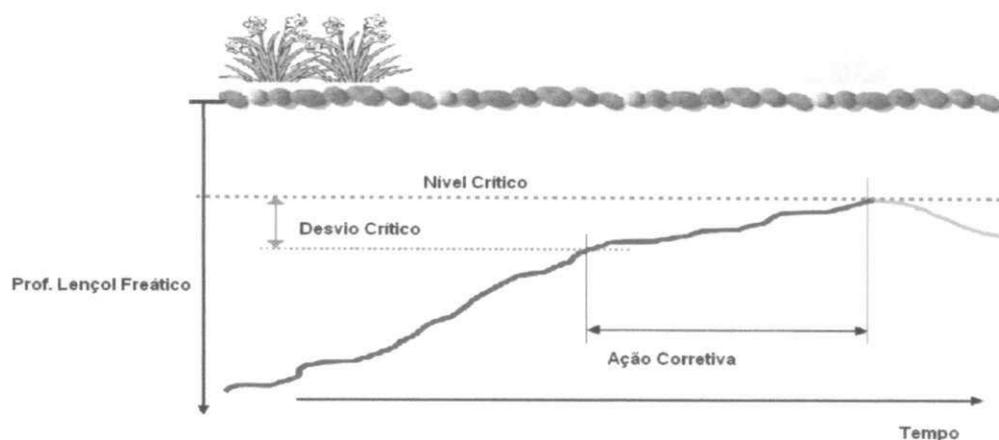


Figura 11. Risco de salinização do solo. Fonte: Bos et al., 2005.

4.4.1 Indicadores do Balanço Hídrico

Os indicadores que compõem a razão do balanço hídrico são: a razão global de consumo, razão consumo do lote, razão consumo médio, razão de condução e razão de distribuição.

4.4.1.1 Razão Global de Consumo – RGC

Está inserido no grupo de indicadores operacionais ou de diagnóstico, na categoria que contempla o balanço hídrico e os serviços de operação do uso da água e da energia. Trata-se do principal e primeiro indicador a ser medido, sendo responsável pela evolução no tempo, no tocante ao grau de atendimento do requerimento de água aos usuários do sistema. Na distribuição espacial, visualiza-se como se dá o fornecimento de água para os usuários de forma quantitativa e equilibrada nos setores de pequenos produtores e empresarial. De forma global, representa a razão entre o requerimento de água necessário as culturas presentes no sistema durante todo seu ciclo,

descontadas a precipitação efetiva; do intervalo entre demandas de água e da variável de volume de água fornecido para o referido sistema (Equação 1).

A razão global de consumo é definida como a relação entre o somatório dos volumes de água, correspondentes às necessidades hídricas das culturas existentes no perímetro e o volume de água captada do rio ou reservatório (Medeiros, 2002). Para o cálculo da RGC, os dados foram divididos por setores do perímetro.

Quando o valor da razão for maior que a unidade implica dizer que está ocorrendo um déficit de água no sistema ou setor, função do volume de água aplicado; ao passo que, menor que a unidade representa uma aplicação de água maior que a necessária ou excesso (Bos et al., 2005).

$$\text{Razão Global de Consumo (RGC)} = \frac{ETp - Pe}{V_{fs}} \quad (1)$$

Onde: ETp é a evapotranspiração potencial das principais culturas, em m³

Pe é a precipitação efetiva, em m³

V_{fs} é o volume de água fornecido ao sistema ou setor, em m³

As variáveis envolvidas relacionam-se com a vazão do sistema e duração do tempo de aplicação da água. O mesmo encontra-se inserido no critério eficiência, utilizado, em princípio, por Bos (1997).

A diferença entre a evapotranspiração potencial das principais culturas e a precipitação efetiva é função da área irrigada, culturas, clima e intervalos de aplicação da água na referida área; comum ao de modelos como o Cropwat (FAO, 2006).

4.4.1.2 Razão Consumo do Lote – RCL

Inserido no grupo de indicadores operacionais ou de diagnóstico na categoria que contempla o balanço hídrico e os serviços de operação do uso da água e da energia, responde pela eficiência de aplicação da água na parcela ou lote.

Demonstra ao longo do tempo o grau de uso da água pelos usuários e sua distribuição espacial, tem influencia direta na eficiência do uso da água para irrigação. De forma global, representa a razão entre o requerimento de água necessário a cultura

durante todo seu ciclo, descontada a precipitação efetiva; função das principais culturas presentes no lote ou parcela, do clima e do intervalo entre demandas de água e do seu denominador, o volume de água fornecido ao lote, conforme equação (2).

Quando o valor da razão for maior que a unidade implica dizer que está ocorrendo um déficit de água no lote ou parcela, em função do volume de água aplicado; ao passo que, menor que a unidade representa uma aplicação de água maior que a necessária ou excesso (Bos et al., 2005).

$$\text{Razão Consumo Lote (RCL)} = \frac{ETp - Pe}{V_n} \quad (2)$$

Onde: ETp é a evapotranspiração potencial das principais culturas do lote, em m^3

Pe é a precipitação efetiva, em m^3

V_n é o volume de água fornecido pelo sistema de distribuição ao lote, em m^3

4.4.1.3 Razão Consumo Médio – RCM

Inserido no grupo de indicadores operacionais ou de diagnóstico, na categoria que contempla o balanço hídrico e os serviços de operação do uso da água e da energia, responde pela eficiência de aplicação da água por unidade de superfície irrigada. De forma global, compreende o consumo de água médio por unidade de superfície irrigada no sistema, equação (3).

$$\text{Razão Consumo Médio (RCM)} = \frac{V_c}{AI} \quad (3)$$

Onde: AI é a área irrigada, em hectares (ha)

V_c é o volume de água captado pelo sistema, em m^3

4.4.1.4 Razão Condução – RC

Inserido no grupo de indicadores operacionais ou de diagnóstico, na categoria que contempla o balanço hídrico e os serviços de operação e manutenção. A razão ou eficiência de condução responde pelas entradas e saídas do volume de água nos canais (principal, secundários, terciários), inclusive suas estruturas, equação (4). De forma global, identifica através de valor muito abaixo da unidade a necessidade de manutenção e operação dos canais e até a total revisão de sua operação.

$$\text{Razão Condução (RC)} = \frac{V_f}{V_c} \times 100 \quad (4)$$

Onde: V_f é o volume de água fornecido ao sistema, em m^3

V_c o volume de água captado pelo sistema na fonte, em m^3

4.4.1.5 Razão Distribuição – RD

Inserido no grupo de indicadores operacional ou de diagnóstico na categoria que contempla o balanço hídrico e os serviços de operação e manutenção, a razão ou eficiência de distribuição responde pela entrada do volume de água derivado do sistema de distribuição até o início das áreas irrigadas, equação (5). De forma global, identifica através de valores muito abaixo da unidade a necessidade de manutenção dos canais e suas estruturas que delimitam a distribuição da água no setor.

$$\text{Razão Distribuição (RD)} = \frac{V_n}{V_d} \quad (5)$$

Onde: V_n é o volume água fornecido ao lote, em m^3

V_d é o volume água derivado pelo sistema de distribuição ao setor, em m^3

4.4.2 Indicador de Sustentabilidade do Uso do Solo

4.4.2.1 Razão Ocupação Área Irrigável – ROAI

Inserido no grupo de indicadores de sustentabilidade do ambiente, na categoria que contempla a sustentabilidade da área irrigável, quantifica a intensidade de terras ocupadas pelas culturas na área irrigada em relação à área potencialmente irrigável do sistema, equação (6). Função estratégica e de diagnóstico, observa-se, anualmente, o ritmo de ocupação das áreas irrigáveis ou possíveis causas para sua diminuição (ver Apêndice A). Além de verificar o grau de ocupação da área irrigável do projeto, onde a ociosidade do uso do solo reflete no desempenho do projeto, o referido indicador sinaliza para o aumento da área irrigada sobre as áreas de sequeiro; muitas vezes, não aptas à irrigação que trazem consequências ambientais negativas com risco de salinização.

$$\text{Razão Ocupação Área Irrigável (ROAI)} = \frac{\text{Área Irrigada}}{\text{Área Irrigável}} \quad (6)$$

Onde: Área Irrigada é a superfície irrigada, em hectares (ha)

Área Irrigável é a superfície potencialmente irrigável, em hectares (ha)

4.4.3 Indicadores de Desempenho Econômico

4.4.3.1 Razão Produtividade Água – PA

Inserido no grupo de indicadores de desempenho econômico, na categoria que contempla a produção da cultura em termos de volume de água fornecido (Kg m^{-3}), equação (7); tendência no tempo do rendimento da cultura e do volume de água fornecido e, na distribuição espacial, a sua variação de produção.

$$\text{Razão Produtividade Água (RPA)} = \frac{R_c}{V_n} \quad (7)$$

Onde: R_c é o rendimento da cultura no lote, em Kg

V_n é o volume água fornecido ao lote, em m^3

4.4.3.2 Razão Operação e Manutenção – O&M

Inserido no grupo de indicadores operacional ou de diagnóstico, na categoria que quantifica o desempenho do distrito de irrigação com relação à operação e manutenção do sistema, inclusive suas estruturas. Envolve salários, manutenções e investimentos previstos no orçamento anual, alinhado a receita gerada ao longo do ano (Equação 8).

$$\text{Razão Operação e Manutenção (ROM)} = \frac{\text{Custo O \& M}}{\text{Receita Custos Fixo e Variável}} \quad (8)$$

Onde: Custo O & M totais custos da operação e manutenção do sistema, em R\$

Receita Custos Fixo (K - 2.1) e Variável (K - 2.2), em R\$

4.4.4 Indicadores de Consumo e Demanda de Energia Elétrica

No Brasil, 61% da água captada são utilizadas na agricultura e, principalmente, na irrigação, desse total captado apenas 50% é efetivamente utilizado pelas plantas e os outros 50% restantes são perdidos na captação, armazenamento, distribuição e aplicação da água na irrigação. A energia elétrica, por consequência, representa um forte componente nos custos totais que podem chegar a 35% do custo da irrigação (ANA, 2004). Portanto, se existe um grande desperdício no uso da água na agricultura irrigada, este acarretará também desperdício de energia elétrica.

Segundo a ANEEL (2011), os consumidores são identificados por classes e subclasses de consumo. Na classe rural se enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural, coletividade rural e serviço público de irrigação rural. A fatura final da unidade consumidora representa os serviços da unidade distribuidora, acrescidos de encargos, tributos e impostos; utilizando-se como base dois componentes: demanda de potência (kW) e consumo de energia (kWh).

Considerado importante indicador para análise de desempenho do sistema operacional, a energia elétrica representa significativa despesa mensal inserida nos custos de operação e manutenção do sistema (O&M). As variáveis relativas ao consumo de energia e demanda de potência da energia elétrica são relacionadas com o número de hectares (ha) irrigados e do volume de água (m³) fornecido ao sistema: Índice do

consumo de energia, em kWh ha⁻¹; Índice do consumo de energia, em kWh m⁻³; Índice da demanda de energia, em kW ha⁻¹ e Índice da demanda de energia, em kW m⁻³.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Indicadores de Desempenho

Através dos dados de volumes de água derivados para o sistema, dos resultados gerados das estimativas das necessidades hídricas das culturas, das áreas irrigadas e do conjunto de informações executivas e operacionais do sistema, foram determinados os indicadores do balanço hídrico composto pelos índices de confiabilidade do sistema de condução, distribuição e consumo.

5.1.1 Razão Global de Consumo - RGC

Importante mencionar que por se tratar do primeiro indicador a ser analisado, o mesmo reflete o grau de confiabilidade do sistema em atendimento aos seus usuários e, diante das peculiaridades encontradas no sistema, que se divide em 03 setores da área de pequenos produtores e 01 setor empresarial, trabalha-se na perspectiva de analisá-los conjuntamente.

Considerando-se os intervalos de confiança da faixa operacional e da faixa aceitável que correspondem aos intervalos 0,70-1,00 e 0,60-1,10, respectivamente, simulados para alguns sistemas (Bos et al., 2005) e, de acordo com os índices apresentados na Tabela 2, referentes às razões globais de consumo durante os anos de 2008 e 2009, pode-se afirmar que o perímetro encontra-se dentro da faixa operacional com valores próximos da unidade: 0,91 e 0,99; o que demonstra, de forma global, suprimento das necessidades hídricas das culturas presentes no sistema.

O setor de empresas apresenta índices 0,83 e 0,97 dentro da faixa operacional. O setor 111, da área de pequenos produtores, apresenta os índices 1,10 e 1,03 inseridos na faixa aceitável; porém, fora da faixa de operação para o sistema. O setor 112 apresenta o índice 1,18, no ano de 2008, e retorna ao limite superior da faixa aceitável com o índice 1,08, durante o ano de 2009. O setor 122 apresenta o índice 1,15, durante o ano de 2008; e retorna ano seguinte, dentro da faixa operacional com o índice 0,98.

As razões globais de consumo mensais inseridas na respectiva tabela 6 apresentam os seguintes percentuais: durante o ano de 2008, 16,67% dos índices encontram-se

dentro da faixa operacional do sistema e 22,92% dentro da faixa aceitável; no ano de 2009, apresentam 4,17% e 25,0%, respectivamente.

Tabela 2. Razão global de consumo para os setores e do perímetro, em geral, durante os anos de 2008 e 2009.

RGC - ANOS 2008/2009													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Setor 111	1,08	0,48	0,00	15,63	1,94	1,15	0,92	1,13	1,12	1,29	1,23	1,38	1,10
	1,27	0,39	1,30	0,00	3,28	1,04	1,01	1,13	1,11	0,76	1,57	0,63	1,03
Setor 112	1,11	0,55	0,00	4,77	1,74	1,12	0,97	1,23	1,30	1,31	1,53	1,49	1,18
	1,42	0,48	1,34	0,00	2,70	1,16	1,03	1,13	1,21	0,81	1,60	0,63	1,08
Setor 122	1,30	0,35	0,00	6,49	1,99	1,37	1,11	1,44	1,16	1,15	1,11	1,31	1,15
	1,43	0,34	1,14	0,00	1,86	1,07	1,30	1,09	1,06	0,59	1,61	0,59	0,98
Setor	0,86	0,31	0,00	2,08	1,35	0,91	0,74	0,80	0,86	1,03	1,04	0,95	0,83
Empresas	1,16	0,41	1,25	0,00	2,08	1,17	1,17	1,12	1,07	0,69	1,40	0,54	0,97
Perímetro	0,93	0,34	0,00	2,69	1,49	0,99	0,81	0,91	0,95	1,11	1,12	1,06	0,91
	1,22	0,41	1,26	0,00	2,26	1,14	1,13	1,12	1,09	0,71	1,47	0,57	0,99

No perímetro, em geral, verifica-se que nos anos estudados de 2008/2009, no período de fevereiro a abril, que compreende o período chuvoso, a representação do índice ao longo do tempo varia de valores abaixo de 0,50 e muito superiores a 1,0. Continuamente, durante o ano de 2008, no período de setembro a novembro, que compreende o pico de requerimento de água para as culturas, os valores estiveram acima do limite superior da faixa aceitável ao sistema, com exceção de setembro que apresenta o índice 0,95 (Figura 12).

Os meses em que há excesso de água aplicada, índices muito abaixo da unidade, contribuem para ascensão do lençol freático e conseqüente risco de salinização.

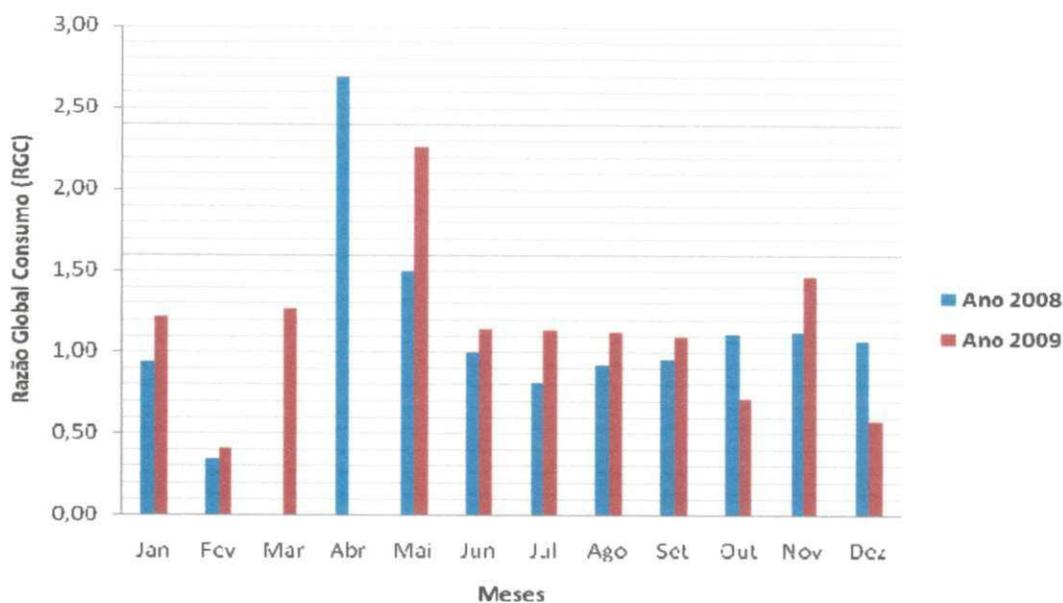


Figura 12. Razão global de consumo biênio 2008/2009

A variabilidade de fornecimento da água em função dos eventos de chuva demonstra a dificuldade no manejo e aplicação da mesma no sistema; peca-se em alguns momentos pelo excesso e pelo déficit. Os índices que se apresentam fora da faixa de operação (0,70-1,00) refletem a dificuldade de gerenciamento da operação.

A razão global de consumo (RGC) que fornece índices de confiabilidade do sistema, quando analisada no período anual do perímetro, apresenta os valores de 0,91 e 0,99 relativos ao biênio 2008/2009, respectivamente, dentro da faixa operacional requerida que é de 0,70 – 1,00; o que atende de forma condizente a necessidade dos usuários. Porém, quando analisada mensalmente, o perímetro em geral apresenta índices que estão fora da faixa aceitável que seria de 0,60 – 1,10. Esses índices têm por finalidade demonstrar a necessidade de melhoria na operação do sistema, principalmente, nas falhas de rebombeamento que possam estar acontecendo e da dificuldade de manejo da operação. No setor de empresas, cuja referencia é a tecnificação e controle do sistema, quando analisada anualmente, acompanha os índices do perímetro com valores de 0,83 e 0,97, dentro da faixa operacional, para o respectivo biênio. Ao contrário, os índices calculados para os setores de pequenos produtores no ano de 2008 apresentaram valores acima do limite superior da faixa aceitável que é de 1,10. O que retoma a discussão de que a necessidade de água requerida pelas culturas não foi atendida em seu ciclo natural quando analisada anualmente.

5.1.2 Razão Consumo do Lote

Igualmente ao analisado no indicador global de consumo, ocorre para os diversos setores do sistema. No caso específico, compreende a análise da razão de consumo dos lotes do setor 111, da área de pequenos produtores que possui 44 usuários, para que se possa confirmar a variabilidade ocorrida nos respectivos lotes, conforme Figura 13.

Dos índices verificados, o período crítico de deficiência hídrica não suprida para as culturas inicia-se em meados do mês de maio e prolonga-se ao final de dezembro; consequência da falta de manejo dos usuários do sistema. Inversamente, verifica-se excesso de água nos lotes, principalmente, no período de maior precipitação pluviométrica, o que endossa a estimativa verificada na razão global de consumo (ver Apêndice B). O momento oportuno de cessar e retomar a irrigação nos lotes retrata a deficiência tanto dos usuários, quanto do monitoramento do sistema pelo distrito de irrigação.

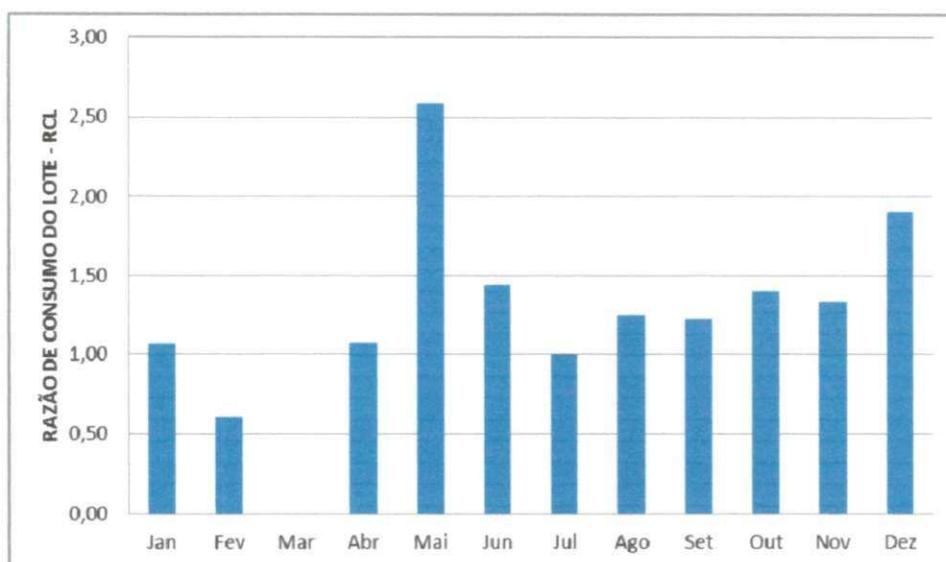


Figura 13. Média mensal razão consumo lote, ano 2008, setor 111.

A ausência de um manejo eficiente da água, tanto do sistema quanto dos usuários, principalmente, quando dos eventos de precipitação e de retomada da operação no período seco requer uma atenção maior da assistência técnica disponibilizada aos usuários dos setores de pequenos produtores e, da revisão da operação por parte do distrito de irrigação. Confirma-se e constata-se que manejo de água dos usuários e o manejo da operação do sistema não se encontram em sintonia diante do que foi planejado e o efetivamente executado, de acordo com os parâmetros

agrometeorológicos e; que os indicadores devem estar sendo analisados, no mínimo, mensalmente.

5.1.3 Razão Consumo Médio – RCM

Compreende o volume de água médio distribuído por unidade de superfície irrigada do sistema, índice em $m^3 ha^{-1}$ e, considerando que o valor de $1.500 m^3 ha^{-1}$ é o índice de referencia estabelecido quando da concepção do projeto executivo do sistema (Effertz et al, 2002); durante o período de 2004 – 2010 percebe-se a tendência decrescente do índice de consumo a partir do mês de janeiro prolongando-se até meados do mês de maio; de junho a setembro, o índice aumenta, atingindo-se o ápice no mês de setembro com valores acima do referencial (Figura 14; Tabela 3).

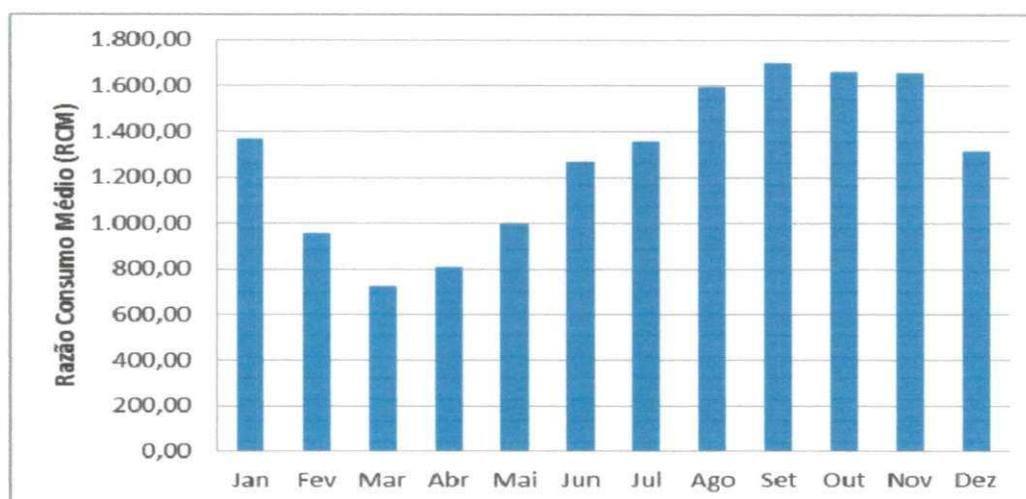


Figura 14. Razão de consumo médio mensal do sistema, em $m^3 ha^{-1}$, período 2004-2010.

Verifica-se que os valores médios acima do planejado encontram-se inseridos nos meses de agosto a novembro, do respectivo período. Tal fato repercute no aumento da área irrigada e da necessidade, em alguns casos, de redimensionamento da operação e manutenção, na condução e distribuição da água, leiam-se canais e suas estruturas.

Tabela 3. Índice de consumo médio mensal, em $m^3 ha^{-1}$, no período 2004-2010.

	Razão Consumo Médio - RCM							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Média
Jan	928,97	1.443,12	1.806,97	1.560,23	1.832,62	1.205,91	802,86	1.368,67
Fev	258,91	922,61	1.143,49	743,75	1.217,14	871,05	1.545,23	957,45
Mar	482,26	756,59	400,69	782,17	611,74	848,45	1.194,98	725,27
Abr	1.208,47	774,48	367,95	1.407,37	242,24	635,91	1.044,98	811,63
Mai	1.091,56	735,34	973,20	1.382,89	823,89	409,85	1.555,67	996,06
Jun	1.513,73	1.159,60	975,43	1.555,46	1.186,89	937,82	1.532,64	1.265,94
Jul	1.421,36	1.313,67	1.374,34	1.475,57	1.429,74	1.207,98	1.251,40	1.353,44
Ago	1.620,33	1.734,58	1.549,96	1.610,72	1.566,41	1.389,61	1.677,84	1.592,78
Set	1.778,34	1.788,74	1.696,60	1.638,59	1.710,17	1.620,42	1.678,06	1.701,56
Out	1.770,27	1.899,02	1.775,25	1.682,33	1.711,68	1.120,06	1.684,01	1.663,23
Nov	1.808,71	2.047,09	1.112,57	1.792,38	1.742,23	1.282,66	1.802,57	1.655,46
Dez	1.711,33	991,15	1.339,59	1.564,54	1.138,97	1.426,06	1.049,01	1.317,24

5.1.4 Razão Condução – RC

A razão de condução ou eficiência de condução é uma medida, dada em porcentagem (%), que relaciona o volume de água fornecido versus o volume captado.

De acordo com os resultados inseridos na Figura 15, o período de 2004 a 2010, apresenta índices de eficiência de condução acima dos 70%. De forma geral, pode-se afirmar que as perdas decorrentes do processo de condução aproximam-se de 30% (ver Apêndice C).

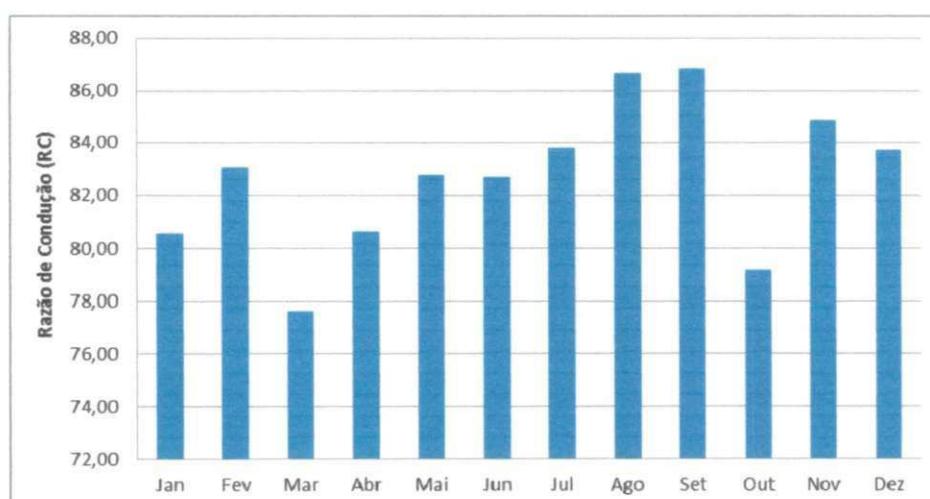


Figura 15. Razão de condução médio mensal do sistema, em %, período 2004-2010.

5.1.5 Razão Distribuição – RD

Valores muito baixos indicam problemas que podem ocorrer tanto na medição do volume de água de fornecimento para os lotes; de perdas de água no sistema de condução e, também, quando derivado de sistema bombeamento. Para esse indicador selecionamos o setor 112, área de pequenos produtores, relativo ao ano de 2010.

O respectivo setor agrícola possui 45 usuários abastecidos pelo canal secundário (CS-106) através da derivação do sistema de rebombeamento da EB05, conforme descrito anteriormente, nas características da infraestrutura do projeto público de irrigação. O índice médio anual da razão de distribuição é de 0,71, com faixa de variação mensal entre 0,60 a 0,75, com exceção do mês de junho que se aproxima da unidade (Figura 16).

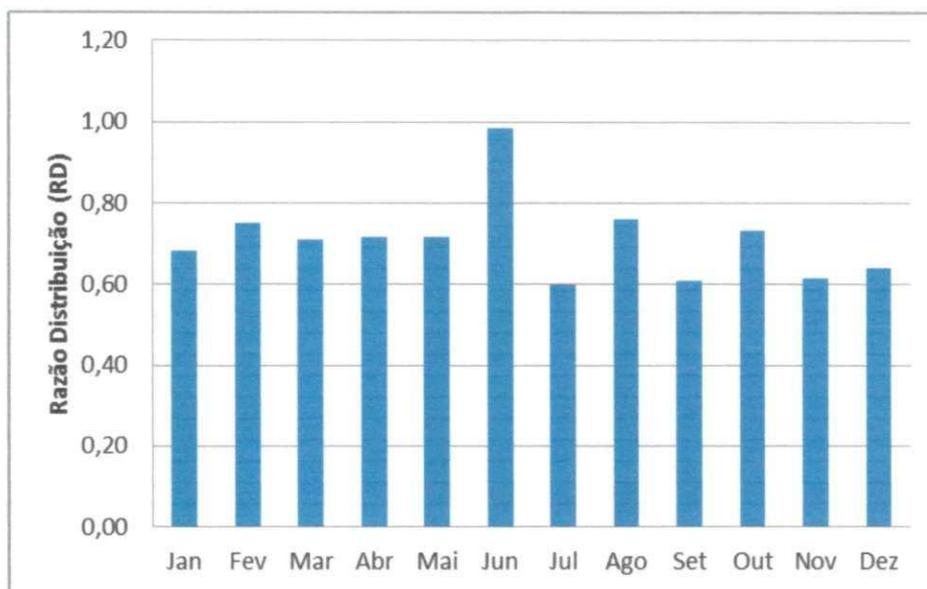


Figura 16. Índice de distribuição médio mensal do setor 112, ano 2010.

E quando se fala em estruturas, necessita-se avaliar os índices da razão de distribuição (RD) que indicam problemas de perdas de água nos canais e no sistema de rebombeamento até a entrada dos lotes agrícolas, quando atingem valores muito abaixo da unidade (Apêndice D).

5.1.6 Razão Ocupação Área Irrigável – ROAI

Quantifica a intensidade de terras ocupadas pelas culturas, na área irrigada, em relação à área potencialmente irrigável do sistema. Verifica-se, na Tabela 4, que a média anual dos índices de sustentabilidade da área irrigável (RSAI) relativo à área de pequenos produtores, distribuídos nos setores 111, 112 e 122, durante o período de 2004 – 2010 atingiram valores que variaram de 1,04 a 1,28, todos os índices acima da unidade, o que representa ocupação das áreas potencialmente irrigáveis e do incremento de áreas de sequeiro na produção, já que boa parte dos lotes de pequenos produtores desse perímetro tem lotes de sequeiro contíguos à área irrigável. Continuamente, a média mensal apresenta valores que variam de 1,07 a 1,22, observa-se que a mesma atinge os maiores valores durante os meses de julho a outubro.

Tabela 4. Razão de ocupação da área irrigável – área de pequenos produtores, período 2004-2010.

Anos	Ocupação da Área Irrigável – ROAI												Média
	Meses												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2004	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,12
2005	0,98	0,98	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,04
2006	1,05	1,05	1,09	1,19	1,18	1,18	1,16	1,16	1,16	1,19	1,10	1,10	1,13
2007	1,02	1,00	1,00	1,04	1,11	1,11	1,20	1,20	1,14	1,17	1,17	1,11	1,11
2008	1,11	1,08	1,10	1,08	1,16	1,26	1,26	1,25	1,30	1,24	1,24	1,14	1,19
2009	1,14	1,13	1,18	1,24	1,31	1,29	1,32	1,28	1,20	1,25	1,24	1,26	1,24
2010	1,21	1,27	1,27	1,30	1,29	1,30	1,28	1,30	1,29	1,28	1,26	1,26	1,28
Média	1,07	1,07	1,10	1,13	1,16	1,17	1,22	1,21	1,20	1,20	1,19	1,17	

A média anual dos índices de sustentabilidade da área irrigável (ROAI), relativo aos lotes de médias e grandes empresas do perímetro, durante o período de 2004 – 2010 atingiram valores que variaram de 0,56 a 0,73, todos abaixo da unidade, o que representa ocupação inferior das áreas potencialmente irrigáveis. Continuamente, as médias mensais variam de 0,67 a 0,70, com os maiores valores concentrados durante os meses de setembro a novembro (Tabela 5).

Os índices de ocupação da área irrigável, relativos ao ano de 2010, indicam diminuição das áreas irrigadas durante o período de janeiro a dezembro; tal fato repercute pelo fechamento de algumas empresas e cortes de água, função da inadimplência perante o DIC. O acompanhamento do respectivo indicador implica na identificação dos problemas que as empresas possam estar sendo submetidas, na diminuição dos riscos de inadimplência e o controle do gestor do distrito de irrigação para intervir, antecipando as ações. Aproximadamente, 30% das áreas potencialmente irrigáveis, em média, do setor empresarial, encontram-se subutilizadas de 2004 a 2009, elevando-se para 44% a partir de janeiro do ano de 2010, fato que repercute diretamente na receita do distrito já que o mesmo sobrevive, unicamente, da receita do recurso água.

Tabela 5. Razão de ocupação da área irrigável – área de empresas, período 2004-2010.

Anos	Ocupação da Área Irrigável - Empresas												Média
	Meses												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2004	0,66	0,66	0,68	0,71	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,77	0,77	0,73	0,73
2005	0,69	0,68	0,68	0,69	0,69	0,71	0,70	0,70	0,72	0,71	0,71	0,69	0,70
2006	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70
2007	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70
2008	0,70	0,71	0,71	0,71	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71
2009	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,72	0,71	0,70
2010	0,56	0,69	0,53	0,54	0,54	0,54	0,55	0,57	0,57	0,55	0,55	0,55	0,56
Média	0,67	0,69	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,69	

De forma global, os índices médios anuais gerados demonstram desequilíbrio entre as áreas de pequenos produtores e o de empresas, valores acima da unidade e abaixo da mesma, índice 1,0, respectivamente. O crescente aumento dos índices para as áreas de pequenos produtores tem influencia direta nas áreas de sequeiro do perímetro e, a diminuição drástica da área irrigada no setor empresarial, a partir do ano de 2010, na queda da receita. A demonstração dos índices ressalta, por inteiro, a necessidade de ferramenta de controle que possibilite a análise estratégica e de diagnóstico como forma de antecipação das ações de gestão (Figura 17).

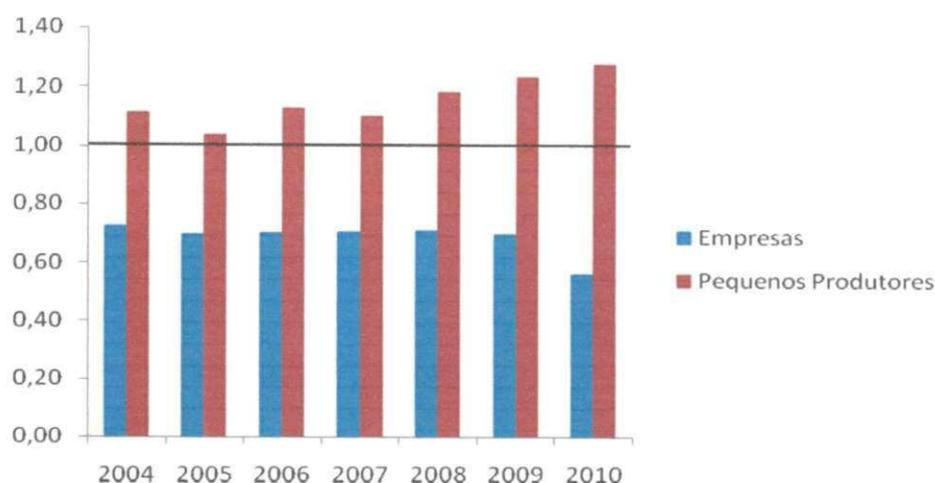


Figura 17. Índice de ocupação médio anual, período 2004-2010.

De forma específica, pode-se investigar e analisar o indicador de desempenho de acordo com setores ou lotes, por exemplo, o setor de número 111, da área de pequenos produtores, no ano de 2008. O mesmo possui 44 lotes e apresenta os seguintes índices (ROAI), conforme Tabela 6. Verifica-se que os mesmos estão acima da média anual do total dos setores que seria de 1,19 (Tabela 4). Confirma-se, portanto, que o aumento da área irrigada está associado ao incremento da área de sequeiro. Os índices variam de 1,30 a 1,55, cuja concentração dos maiores índices acontece no segundo semestre do ano.

Tabela 6. Razão ocupação área irrigável (ROAI) – Setor 111, ano 2008.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Área Irrigável (ha)	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51	327,51
Área Sequeiro (ha)	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67	985,67
Área Irrigada (ha)	451,18	432,38	451,38	425,38	445,88	481,88	481,88	462,68	506,48	489,48	473,38	440,18
RSAI	1,38	1,32	1,38	1,30	1,36	1,47	1,47	1,41	1,55	1,49	1,45	1,34

A razão de ocupação da área irrigável (ROAI) apresenta através dos seus índices, durante o período de 2004 – 2010, valores médios anuais acima da unidade, o que indica um incremento da área irrigada nos setores da área de pequenos produtores. Esse fato relevante conduz ao uso de áreas de sequeiro, muitas das quais não aptas à atividade de irrigação, conforme projeto executivo, e submetido a impactos ambientais

expressivos, como a diminuição da área de reserva legal. Contrariamente, a área empresarial encontra-se subutilizada e com diminuição drástica da área irrigável a partir do ano de 2010, cujo índice médio anual atingiu 0,56. Estes índices tem reflexo imediato na receita do distrito de irrigação e, portanto, na tomada de decisão dos gestores para minimizar os efeitos gerados.

5.1.7 Razão Produtividade da Água – RPA

Contempla a produção da cultura em termos de volume de água fornecido, em Kg m⁻³.

As principais culturas presentes no perímetro público de irrigação Curaçá – CP01 são: manga, uva, maracujá, coco e melancia. Na área de pequenos produtores, setores 111, 112 e 122, a cultura da manga responde por mais de 50% da área cultivada no biênio 2008/2009 (Figuras 18 e 19).

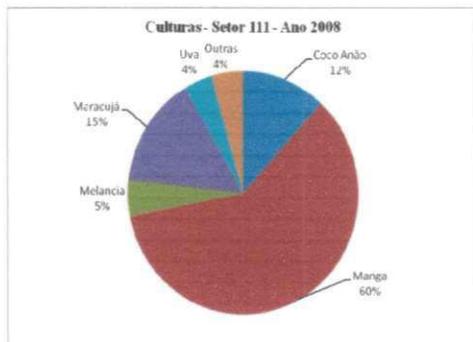


Figura 18. Principais culturas área pequenos produtores setor 111, ano 2008

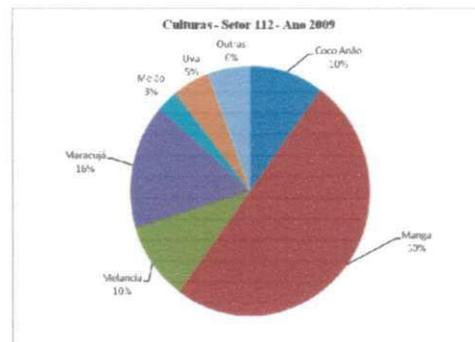


Figura 19. Principais culturas área pequenos produtores do do setor 112, ano 2009

Verifica-se que a cultura da uva é bem representativa na área empresarial (Figura 21); ao contrário do setor 122, da área de pequenos produtores, onde praticamente inexistente (Figura 20).

Os levantamentos por setores do perímetro permitem visualizar e traçar diretrizes para o trabalho de assistência técnica aos usuários, conforme grau de interesse.

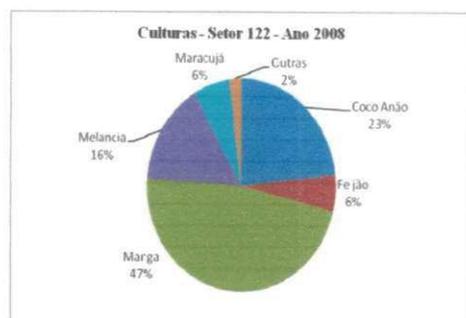


Figura 20. Principais culturas do setor 122, ano 2008

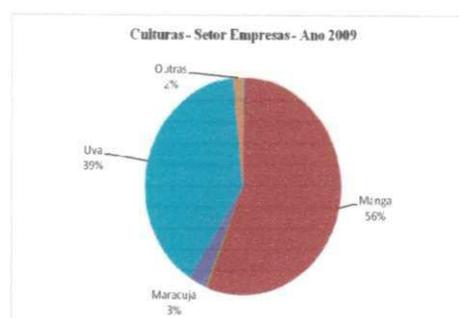


Figura 21. Principais culturas área empresarial, 2009

No presente trabalho, optou-se por analisar a produção por unidade de volume de água consumido, para tanto, selecionou-se nos setores 111, 112 e 122, da área de pequenos produtores, ano de 2009, os usuários que cultivaram exclusivamente manga, ou seja, 10, 3 e 5 usuários, respectivamente.

Dados da EMBRAPA (2011) indicam que, em função do volume anual médio de água necessário para cultura e da produtividade média da mesma, na região do semiárido, temos: $11.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e 25 ton. ha^{-1} , respectivamente, o que representa em média $2,10 \text{ kg m}^{-3}$.

Considerando os índices da razão produtividade da água, do setor 111, verifica-se uma faixa de variação de 0,78 – 3,43 e, média de 1,90. Índices abaixo da média da região. Dos lotes do setor, apenas 4 lotes (147, 163, 173 e 180), apresentaram índices superiores a $2,10 \text{ kg m}^{-3}$ (Figura 22).

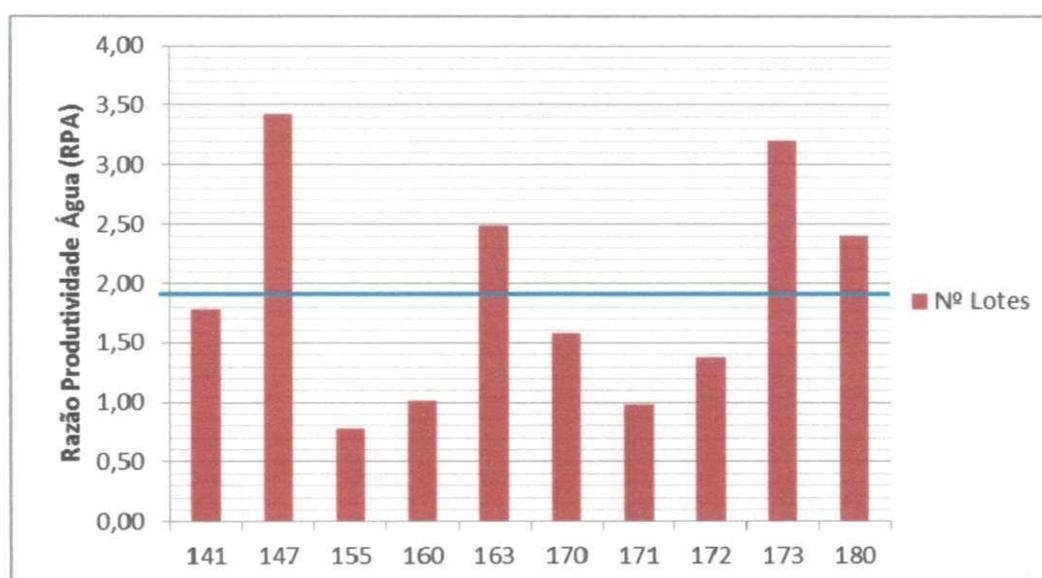


Figura 22. Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 111, ano 2009.

No setor 112, dos lotes analisados, em número de 3, o índice médio é de 1,16, bem abaixo da média da região e, faixa de variação de 0,71 – 1,76 (Figura 23).

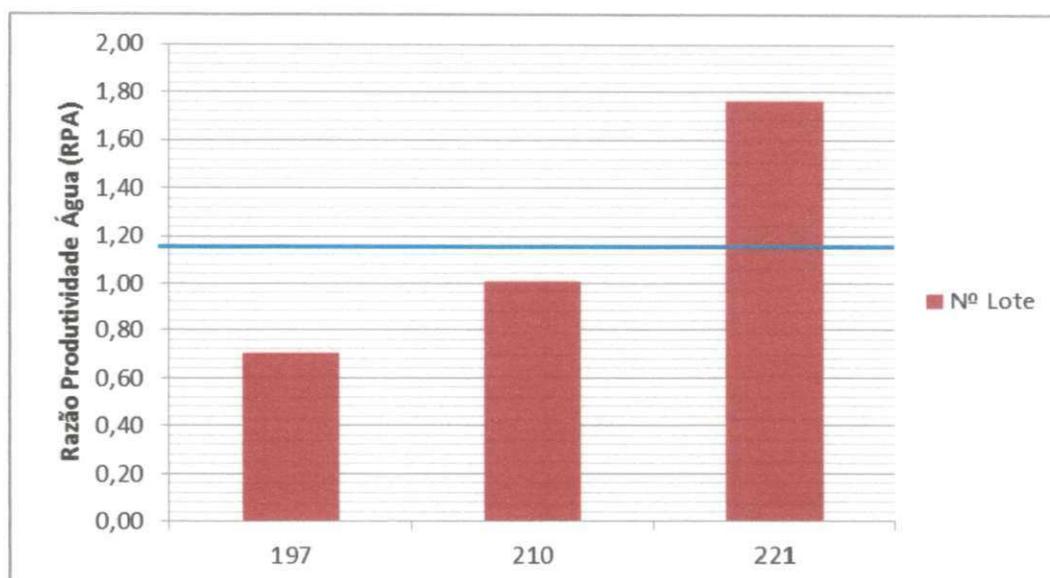


Figura 23. Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 112, ano 2009.

No que se refere ao setor 122, o índice médio da razão produtividade da água, dos usuários analisados, é de 2,70, superior à média da região. A faixa de variação é de 1,09 – 3,95 (Figura 24).

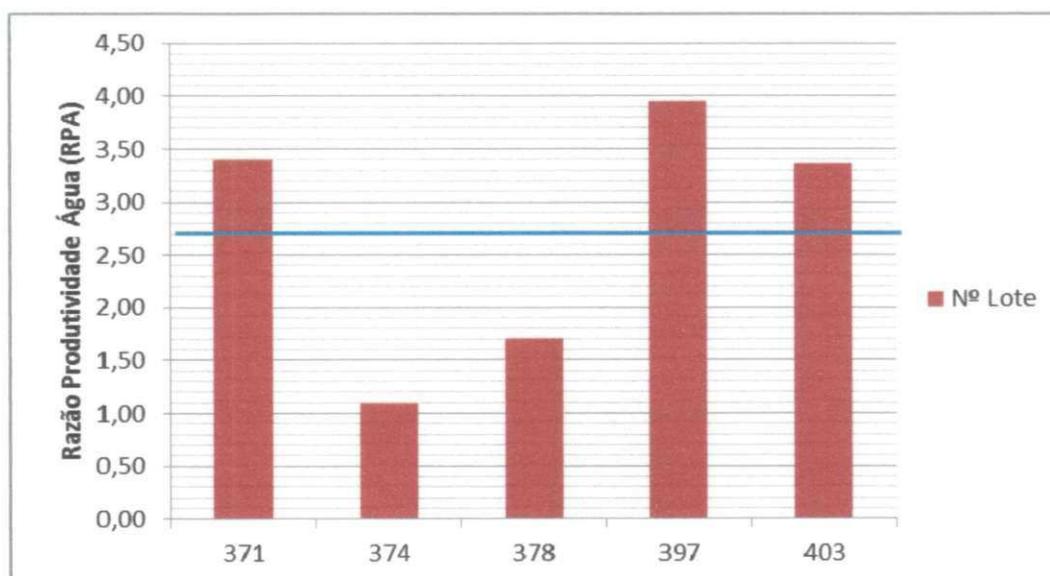


Figura 24. Razão produtividade da água para o cultivo da manga, setor 122, ano 2009.

Os índices médios dos setores 111 e 112, ano de 2009, estiveram abaixo da média regional. O setor 122 apresentou o melhor índice médio de 2,70 Kg m⁻³. Esses índices norteiam o gestor para a intensificação e eficácia dos trabalhos de assistência técnica a serem desenvolvidos pela empresa contratada junto aos usuários do sistema (Apêndice E).

5.1.8 Razão Operação e Manutenção – ROM

Envolve salários, manutenções e investimentos previstos no orçamento anual, alinhado a receita gerada ao longo do ano (Equação 8). Deve haver um equilíbrio entre a receita e os custos de O&M, principalmente, por se tratar de uma única fonte de receita que é a venda de água aos seus usuários.

$$\text{Razão Operação e Manutenção (ROM)} = \frac{\text{Custo O \& M}}{\text{Receita Custos Fixo e Variável}} \quad (8)$$

Onde: Custo O & M totais custos da operação e manutenção do sistema, em R\$

Receita Custos Fixo (K - 2.1) e Variável (K - 2.2), em R\$

Os anos de 2004, 2005 e 2007 apresentam os índices 1,14, 1,27 e 1,18, respectivamente; demonstra-se que os custos superaram as receitas durante os anos avaliados. De 2008 a 2010, os índices 1,02, 1,06 e 1,00, respectivamente, denotam recuperação e equilíbrio dos custos em relação à receita. No ano de 2006, o índice da razão de operação e manutenção – ROM foi de 0,96, abaixo da unidade (Figura 25).

Do período de 2004 – 2010, a razão de operação e manutenção (ROM) que analisa o equilíbrio das contas, de forma global, do distrito de irrigação, os custos de operação e manutenção superam as receitas advindas da venda do insumo água, em todos os anos, com exceção dos anos de 2006 e 2010, que apresentaram os índices 0,96 e 1,00, respectivamente. E, nesse aspecto, o consumo e a demanda de energia tem peso representativo nos custos, em relação às despesas de manutenção e investimento, o que evidencia um ciclo considerado vicioso, da falta de recursos e da depreciação dos equipamentos e estruturas, que culminam com a necessidade de captação de recursos do governo federal, sob a perspectiva de apresentação de planos de trabalho, para as áreas de uso comum do perímetro.

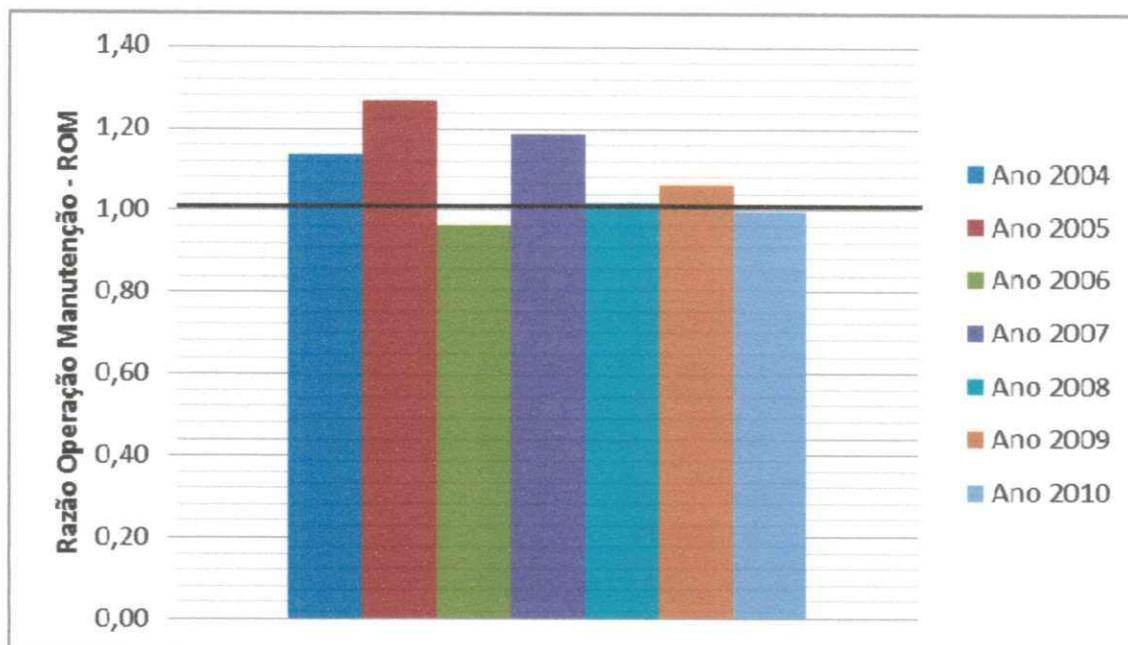


Figura 25. Índice anual da razão operação e manutenção (ROM), período 2004-2010.

5.1.9 Consumo e Demanda de Energia Elétrica

Fugimoto (2010) descreve que as Tarifas Horo-Sazonal para as unidades consumidoras possuem quatro preços diferentes de energia que dependem do horário (na ponta ou fora de ponta do sistema) e do período do ano (úmido ou seco) de utilização. A tarifa reduzida, denominada tarifa noturna, está disponível para fins de irrigação no período contínuo de 8 horas, entre as 21 hs e às 6 hs da manhã do dia seguinte. As perdas de energia, que correspondem à energia elétrica adicional comprada pela distribuidora e que se dissipa ao longo do sistema, atualmente, constituem uma componente das tarifas de uso, representadas por um custo de compra de energia elétrica, e alocada aos consumidores proporcionalmente aos custos marginais de capacidade.

No presente trabalho, analisa-se o consumo e a demanda contratada de energia elétrica da estação de bombeamento principal ou de captação, EB01, durante o biênio 2009/2010, relacionada ao número de hectares irrigados e do volume de água derivado para o sistema.

No ano de 2009, o índice de consumo (kWh ha^{-1}) praticamente não varia ao longo dos meses de observação, faixa de variação de 0,48 – 0,59 e, média mensal de 0,50. Em fevereiro, o índice atinge o valor de 0,59, função do incremento do consumo de energia elétrica, já que a área irrigada se mantém constante. O índice de consumo (kWh m^{-3}) apresenta faixa de variação de 0,31 – 1,18 e, média mensal de 0,53; no período de fevereiro a maio apresenta índices crescentes e superiores a média, com pico de 1,18, no mês de maio, função da diminuição do volume de água captado na fonte e da constância do consumo de energia durante o período observado (Figura 26).

Continuamente, o índice de demanda (kW ha^{-1}) apresenta faixa de variação de 0,47 – 0,50 e, média mensal de 0,48, função da demanda contratada ser constante e da área irrigada não ter sofrido variações ao longo do ano. O índice de demanda (kW m^{-3}) apresenta faixa de variação de 0,30 – 1,15 e, média mensal de 0,51; no período de fevereiro a maio apresenta índices crescentes e superiores a média, com pico de 1,15, no mês de maio, função da diminuição do volume de água captado. Verifica-se que apesar da diminuição do volume de água captado, no período observado, não ocorre diminuição do índice de demanda (kW m^{-3}) devido a ser constante a demanda contratada durante todo o ano, independentemente, do período ser seco ou úmido (Figura 27).

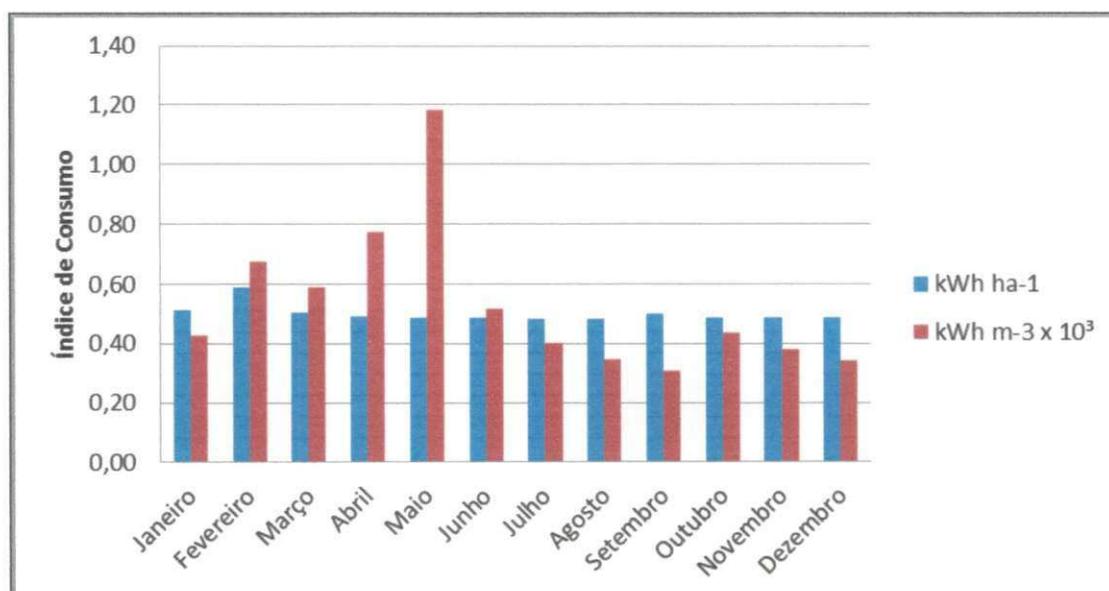


Figura 26. Índices de consumo mensal de energia elétrica, ano 2009

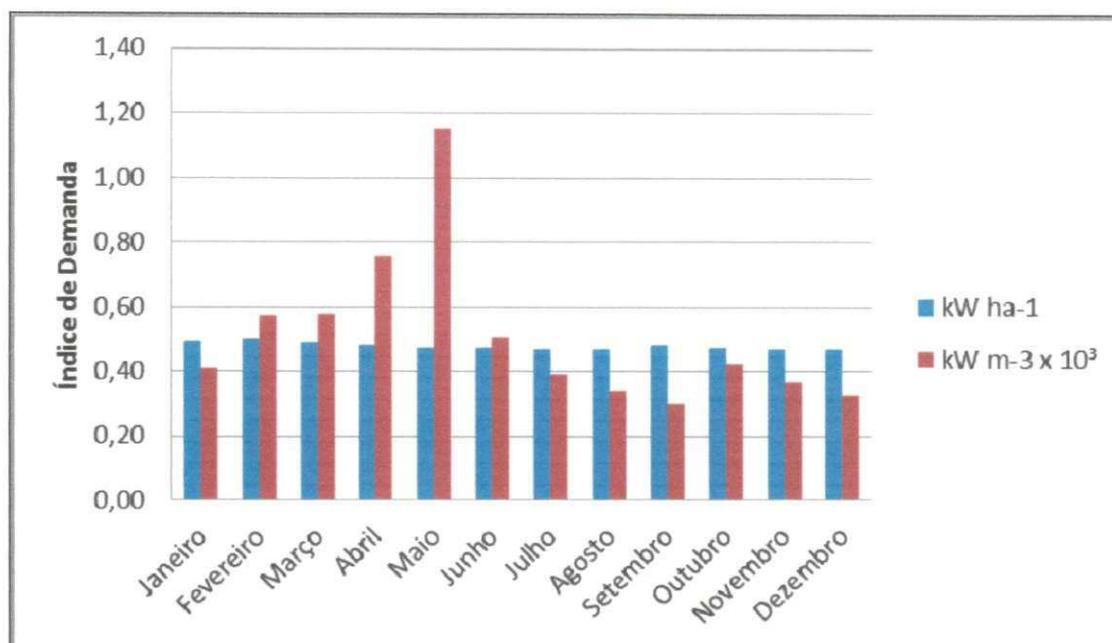


Figura 27. Índices de demanda mensal de energia elétrica, ano 2009

Os índices médios de consumo e demanda de energia elétrica, em relação à área irrigada e o volume de água captado, do ano de 2009, são os seguintes: 0,50 kWh ha⁻¹, 0,53 kWh m⁻³ e, 0,48 kW ha⁻¹, 0,51 kW m⁻³, respectivamente (Apêndice F). Verifica-se que a demanda de energia elétrica acompanha os índices de consumo, o que torna oneroso os custos de energia elétrica do sistema de captação.

6.0 CONCLUSÕES

Do aspecto da confiabilidade do sistema em termos dos serviços de entrega da água executado pelo Distrito de Irrigação aos usuários encontra-se dentro do que foi planejado.

Indicadores do balanço hídrico, especificamente, a razão global de consumo quando analisados anualmente apresentam-se dentro da faixa aceitável do sistema; porém, a análise mensal por setor identifica as distorções que ocorrem após eventos de precipitação pluviométrica e da retomada da operação após término do período úmido.

A eficiência de condução, de forma global, apresenta índices superiores a 70% e, a razão de distribuição quando analisada no setor 112, da área de pequenos produtores, apresenta índice médio anual de 0,71.

A razão de consumo de água identificada nos lotes agrícolas expõe a fragilidade do gerenciamento do uso da água tanto pelo Distrito de Irrigação, quanto pelos usuários do sistema. Os índices da razão de consumo do lote referentes ao setor 111, da área de pequenos produtores, identifica o período crítico de deficiência hídrica não suprida para as culturas que se inicia no mês de maio e prolonga-se durante o mês de dezembro, com valores acima da unidade.

A ocupação das áreas irrigáveis identificada pelo índice da razão de sustentabilidade da área irrigável apresenta valores médios anuais acima da unidade nas áreas de pequenos produtores e abaixo da mesma, na área empresarial, durante o período de 2004 a 2010.

Identifica-se através da razão de produtividade da água, dentro dos setores da área de pequenos produtores, os lotes que apresentam índices médios abaixo e acima dos valores médios de rendimento da cultura da manga para a região ($2,10 \text{ kg m}^{-3}$), principal cultura do sistema, cujos resultados para os setores 111, 112 e 122, foram os seguintes: 2,10; 1,16 e $2,70 \text{ kg m}^{-3}$, respectivamente.

O balanço entre a receita e as despesas da administração, operação e manutenção do Distrito de Irrigação Curaçá – DIC destacada pela razão de operação e manutenção, no período de 2004 a 2010, apresenta índices anuais acima da unidade que comprometem a aplicação de recursos na manutenção e modernização do sistema.

No que se refere ao consumo e demanda de energia elétrica, da captação do sistema, os índices de consumo e demanda praticamente se igualam. Os índices médios

de consumo e demanda de energia elétrica, em relação à área irrigada e o volume de água captado, do ano de 2009, são os seguintes: 0,50 kWh ha⁻¹, 0,53 kWh m⁻³ e, 0,48 kW ha⁻¹, 0,51 kW m⁻³, respectivamente. Independente, da diminuição do consumo a demanda contratada permanece, o que torna o custo da energia elétrica alto.

Recomenda-se intensificar o número de indicadores a serem utilizados e torná-los de uso frequente e sistematizados, no tempo e no espaço, o que propicia o aprofundamento de um sistema de referencia e, conseqüente ferramenta para tomada de decisão aplicada ao gerenciamento e a gestão.

De forma global, o projeto de irrigação indica aspectos de confiabilidade, equidade e eficiência no atendimento a seus usuários no tocante a demanda e oferta de água; porém, deixa a desejar no controle que deve existir entre Distrito de Irrigação e produtores para que não ocorram déficits e/ou excessos.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades na Bacia do São Francisco ANA/GEF/PNUMA/OEA**. Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – N° 12 Agricultura Irrigada. Brasília, Distrito Federal, 2004.

ANA - AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 2009. 204p.

ANEEL - AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 02 de março de 2011.

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p.

BANCO MUNDIAL. **Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-Árido Brasileiro**. Brasília, 2004. 132p.

Bernardo, S. **Manual de irrigação**. 8ª ed. – Viçosa: Editora Universitária da UFV, 2006. 625p.

Bos, M.G.; Burton, M.A.; Molden, D.J. **Irrigation and drainage performance assessment: practical guidelines**. Wallingford, UK: CABI. 2005. 158p.

Bos, M.G. 1997. **Performance assessment indicators for irrigation and drainage**. Irrigation and Drainage Systems, vol. 11. Kluwer Academic Publishers. p.119-137.

Brito, R.A.L. Avaliação do desempenho de um perímetro irrigado – Proposta para um modelo conceitual. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, 1986, Brasília. **Anais**. Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1986, p.749-775.

Brito, R.A.L.; Bos, M.G. **Irrigation performance assessment in Brazil**. Inception/Implementation Report. EMBRAPA, Sete Lagoas, 1997. 28p.

Burt, C.M. 2000. **Benchmarking Irrigation: Concepts and Strategies**. In: Benchmarking Irrigation in Rome for FAO & IPTRID, August 3-4, ITRC Paper 00-001.

CODEVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Revista anual**. Assessoria marketing. Brasília, 2007. 23p.

Diógenes, F.C.A. **Indicadores de desempenho para o perímetro de brumado na perspectiva de sua autogestão**. 2008. 60p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Dourado, A.; Freire Júnior, E.; Machado, F.O.C.; Moreira, M.; Lima, R.G.; Santos, R.L.F. **Perímetros Públicos de Irrigação**: Propostas para o modelo de transferência de gestão. In: MBA GESTÃO PÚBLICA. Brasília, 2006. 72p.

Effertz, R.; Olson, D.C.; Vissia, R.; Arrunategui, H. **Operação e manutenção de projetos de irrigação**. In: Manual de Irrigação. Brasília, 2002. 381p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 16 de julho de 2011.

FAO - Food and Agriculture Organization. 1999. **Modern Water Control and Management Practices in Irrigation**. Water Report 19. Rome, Italy.

FAO - Food and Agriculture Organization. 2006. **Cropwat for Windows ver. 8.0**: Example of the use. 75p. Rome, Italy.

Fugimoto, S. K. **Estrutura de tarifas de energia elétrica**: análise crítica e proposições metodológicas. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2010. 195 p.

Gheyi, H.R.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F. 2010. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. INCTSal, 472p. Fortaleza, Ceará.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, p. 1-777, 2006.

Jannuzzi, P. M. 2004. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, medidas e aplicações. Allínea/PUC-Campinas, São Paulo. 2004 (3ª. ed.).

Laaroussi, M. **Irrigation Control for a sustainable management of Tadla irrigation perimeter**. 19th Congress and 56th International Executive Council Meeting. Use of water and land for food security and environmental sustainability. September, 2005, Beijing, China.

Lima, S.C.R.V.; Frizzone, J.A.; Mateos, L.; Fernandez, M.S. **Desempenho da irrigação em um projeto hidroagrícola no sul da Espanha**: Metodologia para análise da eficiência do uso da água. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.2, p.59-77, 2010. Fortaleza, Ceará.

Medeiros, S. **Indicadores para gerenciamento do uso da água no perímetro irrigado de Pirapora - MG**. 2002. 109p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

Molden, D.J.; Sakthivadivel, R.; Perry, C.J.; de Fraiture, C. and Kloezen, W.H. **Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems**. Research Report n.20. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Water Management Institute (IIMI), 26p. 1998.

Molden, D.; Burton, M. and Bos, M.G. 2007. **Performance assessment, irrigation service delivery and poverty reduction**: Benefits of improved system management. In: Wiley InterScience <www.interscience.wiley.com>. DOI 10.1002/ird.313, Irrigation and Drainage 56, p.307-320.

Murray-Rust, D.H. and Snellen, W.B. 1993. **Irrigation system performance assessment and diagnosis**. IIMI/ILRI/IHEE Publication, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Peel, M. C; Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. (2007). "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". **'Hydrol. Earth Syst. Sci.'** 11: 1633–1644. ISSN 1027-5606. (direct: .Documento final.)

Rao, P.S. 1993. **Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance**. IIMI research paper. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Sakthivadivel, R.; de Fraiture, C.; Molden, D.J.; Perry, C. and Kloezen, W. 1999. **Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture**. International Journal of Water Resources Development. Volume 15, Numbers 1-2, March 01, 1999.

Small, L.E. and Svendsen, M. 1992. **A framework for assessing irrigation performance**. IFPRI Working Papers on Irrigation Performance n.1, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., August.

Souza, G.H.F; Brito, R.A.L; Dantas Neto, J. 2001. **Desempenho do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, n.2, p.204-209, 2001. Campina Grande, Paraíba.

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Auditorias do Tribunal de Contas da União**. Brasília, Distrito Federal, 2001. p.126.