



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

JOSÉ AGUIAR BELTRÃO JÚNIOR

**FORNECIMENTO RELATIVO DE IRRIGAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE
GESTÃO PARA SUSTENTABILIDADE DO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO
BAIXO ACARAÚ**

FORTALEZA

2017

JOSÉ AGUIAR BELTRÃO JÚNIOR

FORNECIMENTO RELATIVO DE IRRIGAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO
PARA SUSTENTABILIDADE DO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO
BAIXO ACARAÚ

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

FORTALEZA
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B392f Beltrão Júnior, José Aguiar.
Fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão para sustentabilidade do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú / José Aguiar Beltrão Júnior. – 2017.
73 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

1. Distrito de Irrigação. 2. Emancipação. 3. Autossustentabilidade. I. Título.

CDD 630

JOSÉ AGUIAR BELTRÃO JÚNIOR

FORNECIMENTO RELATIVO DE IRRIGAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO
PARA SUSTENTABILIDADE DO DISTRITO DE IRRIGAÇÃO
BAIXO ACARAÚ

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 30 /01/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada – Inovagri

Prof. Dr. Luciano Mateos Iñiguez
Instituto de Agricultura Sostenible/Consejo Superior de Investigaciones Científicas –
IAS/CSIC

À minha mãe Maria Edirle Pinto Gurgel.

À minha esposa Erika Munich e aos meus
filhos Danielle Maria e Marcos André.

Ao meu pai José Aguiar Beltrão, à minha avó
Zenaide Pinto Gurgel, ao meu avô Gervásio
Gurgel Fialho e ao meu tio Gervásio Gurgel
Fialho Filho, “IN MEMORIAN”.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realização da pós-graduação.

Ao meu orientador, Raimundo Nonato Távora Costa, por todos os momentos de paciência, compreensão e competência.

Ao Dr. Silvio Carlos Ribeiro Vieira Lima e Dr. Luciano Mateos Iñiguez, por aceitarem compor a banca examinadora e pelo apoio e incentivo concedidos nessa caminhada.

Aos meus filhos, Danielle Maria Gurgel Beltrão Diniz e Marcos André Gurgel Beltrão Diniz, por me proporcionarem a força e a motivação necessária para esta caminhada e por sempre entenderem que a minha ausência era necessária para construção do nosso futuro.

À minha esposa, Erika Munich Alencar Diniz, meu eterno agradecimento pelos momentos que esteve ao meu lado, com seu carinho e compreensão, fazendo-me acreditar que nada é impossível.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação e engrandecimento profissional.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

“A vida sem luta é um mar morto no centro do organismo universal.” Machado de Assis

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo geral utilizar o indicador Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI), do sistema S@I, como estratégia para análise de indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação com vista à sustentabilidade hídrica e econômica do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú. O Perímetro Irrigado Baixo Acaraú está localizado no litoral norte do Estado do Ceará, onde foi desenvolvido um modelo de Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI) através de um projeto pioneiro realizado pelo Instituto de Inovação na Agricultura Irrigada (Inovagri). O SAI desenvolvido no Baixo Acaraú está constituído por uma equipe de campo e um software para serviços via web (Web Service) com envio de informações diárias aos irrigantes (via SMS e/ou e-mail) do tempo de irrigação definidos com base na metodologia do balanço hídrico climatológico. O FRI relaciona a quantidade de água utilizada no lote com a demandada através da recomendação de irrigação fornecida pelo SAI. Para o cálculo do FRI foi considerado o período de agosto a novembro nos anos de 2012, 2013 e 2014, em lotes de pequenos produtores cultivados com as principais culturas do Perímetro Irrigado: coqueiro, bananeira e goiabeira. Para a avaliação de desempenho do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) foram coletados dados referentes ao valor bruto da produção, geração de receita, custos de Operação e Manutenção, além das áreas entregues, cultivadas, irrigadas e colhidas do Perímetro de Irrigação no período de 2012 a 2014. O FRI apresentou uma queda anual refletindo os efeitos acumulativos da escassez hídrica no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, não obstante do ponto de vista econômico perceber-se uma evolução na gestão do Dibau. Apesar da evolução no indicador Eficiência Financeira, o Distrito ainda carece de ajustes administrativos para atingir sua autossustentabilidade, tendo em vista o elevado custo de O & M, o aumento no custo para o Dibau manter Um Hectare em produção, além da taxa de inadimplência da tarifa K_2 ser considerada muito elevada. A elevação na produtividade da água e o aumento nos preços dos produtos foram fatores que contribuíram de forma positiva. O indicador FRI do S@I auxiliou na gestão do Dibau no sentido de identificar os agricultores que utilizam água sem princípios técnicos, em excesso ou déficit, fato que prejudica o desenvolvimento dos cultivos, refletindo negativamente no desempenho financeiro do Distrito. O uso do FRI, em 2014, foi importante na administração do Dibau auxiliando na tomada de decisão e permitindo um equilíbrio na gestão em meio à crise hídrica. No entanto, o cenário de escassez hídrica prolongada e, portanto, a não garantia de segurança hídrica, certamente provocará nos investidores um grau de desconfiança, que associado à construção

da 2ª. Etapa do Perímetro Irrigado levará o Distrito de Irrigação para uma condição de maior distanciamento da meta de atingir sua emancipação financeira e administrativa.

Palavras-chave: Autossustentabilidade. Emancipação. Distrito de irrigação.

ABSTRACT

The objective of this research was to use the Irrigation Relative Supply (FRI) indicator of the S@I system as a strategy for the analysis of performance indicators of the Irrigation District with a view to the water and economic sustainability of the Low Acaraú Irrigated Perimeter. This Perimeter is located on the northern coast of the State of Ceará, where a model of Irrigation Advisory Service (SAI) has been developed through a pioneering project carried out by the Institute of Innovation in Irrigated Agriculture (Inovagri). The SAI developed in the Low Acaraú is made up of a field team and web service software (Web Service) with daily information to irrigators (via SMS and / or e-mail) of the irrigation time in each sector of the lots Defined on the basis of the climatological water balance methodology. The FRI lists the amount of water used in the lot with the defendant through the irrigation recommendation provided by the advisory service to the irrigant. For the calculation of the FRI, was selected the period from August to November of the years 2012, 2013 and 2014, in lots of small farmers cultivated with the main crops of the Irrigated Perimeter: coconut, banana and guava. For the evaluation of the development of the Low Acaraú Irrigation District (Dibau) were collected data on the gross value of production, revenue generation, Operation and Maintenance costs, as well as areas delivered, cultivated, irrigated and harvested from the Irrigation Perimeter were collected for the period from 2012 to 2014. The FRI Presented an annual decline reflecting the cumulative effects of water scarcity on the Low Acaraú Irrigated Perimeter, despite the economic point of view an evolution in the management of the Low Acaraú Irrigation District. Despite the evolution in the Financial Efficiency indicator, the District still lacks administrative adjustments to achieve its self-sustainability, due to the high cost of O & M, the increase in cost for Dibau to maintain One Hectare in production, in addition to the default rate of Tariff K2 be considered very high. The increase in water productivity and the increase in product prices contributed positively. The Irrigation Relative Supply indicator of the S@I system assisted in the management of Dibau in order to identify farmers who use water without technical principles, in excess or deficit, a fact that harms crop development, negatively reflecting the District's financial performance. The use of the FRI in 2014 was important in the administration of the Irrigation District, helping in decision making and allowing a balance in management in the midst of the water crisis.

Keywords: Self sustainability. Emancipation. Irrigation district.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de Organização de Operação e Manutenção de Perímetros Irrigados....	20
Figura 2 - Dinâmica do processo de transferência de gestão	22
Figura 3 - Rotina do SAI para envio de informações aos irrigantes.....	28
Figura 4 - Barragem Santa Rosa no Rio Acaraú - Fonte hídrica do Perímetro.	37
Figura 5 - Recomendação anual do SAI para lote de oito hectares e volume de água liberado por lote pelo Distrito no ano de 2014.	39
Figura 6 - Telas do Sistema SAI.....	41
Figura 7 - Hidrômetro instalado nos lotes de oito hectares do Perímetro.	42
Figura 8 - FRI em função do tempo para a cultura do coqueiro.....	51
Figura 9 - FRI em função do tempo para a cultura da bananeira.	51
Figura 10 - FRI em função do tempo para a cultura da goiabeira.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perímetros Irrigados Federais no Ceará	23
Tabela 2 - Situação das áreas com os agricultores irrigantes em 2014	38
Tabela 3 - Dados dos lotes de pequeno produtor do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.....	47
Tabela 4 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 39/4 cultivado com coco no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.....	48
Tabela 5 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 38/2 cultivado com banana no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.....	49
Tabela 6 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 181/2 cultivado com goiaba no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.....	50
Tabela 7 - Variáveis para o cálculo dos Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) nos anos de 2012, 2013 e 2014.	54
Tabela 8 - Principais Custos de O & M do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) nos anos de 2012, 2013 e 2014 em (R\$).	54
Tabela 9 - Indicador de Eficiência Financeira para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	55
Tabela 10 - Custo de Um Hectare em Produção para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	57
Tabela 11 - Percentual da Produção Necessária a O & M para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	59
Tabela 12 - Geração de Receita por Hectare para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	60
Tabela 13 - Produtividade da Água para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.....	61
Tabela 14 - Coeficiente de Utilização da Terra para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	62
Tabela 15 - Cálculo da Inadimplência da Tarifa D'Água K2 para o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.	63

LISTA DE SIGLAS

FRI	Fornecimento Relativo de Irrigação
S@I	Sistema de Assessoramento ao Irrigante (software)
SAI	Serviço de Assessoramento ao Irrigante
INOVAGRI	Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada
DIBAU	Distrito de Irrigação Baixo Acaraú
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
INCT-EI	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Engenharia de Irrigação
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
USP	Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
ANA	Agência Nacional de Águas
IOCS	Inspetoria de Obras Contra as Secas
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
CHESF	Companhia Hidroelétrica de Rio São Francisco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
GEIDA	Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrário
POLONORDESTE	Programa de Desenvolvimento do Nordeste
PROINE	Programa de Irrigação do Nordeste
SENIR	Secretaria Nacional de Irrigação
PROEMA	Programa de Emancipação dos Perímetros Irrigados
ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
PGE	Procuradoria Geral do Estado
SEAGRI	Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
ERP	Planejamento de Recursos Empresariais
SIG	Sistema de Informação Geográfica
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Agricultura Irrigada no Nordeste e no Estado do Ceará	15
2.1.1	<i>Perímetro Irrigado Baixo Acaraú</i>	24
2.1.2	<i>Sistema SAI no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú</i>	26
2.2	Indicadores para Avaliação de Desempenho em Perímetros Irrigados	29
2.2.1	<i>Produtividade da água</i>	30
2.2.2	<i>Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação</i>	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	Caracterização do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú	36
3.2	Coleta de dados	39
3.2.1	<i>Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI)</i>	40
3.2.2	<i>Indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação</i>	43
3.2.2.1	<i>Eficiência Financeira (EF)</i>	43
3.2.2.2	<i>Custo de Um Hectare em Produção</i>	43
3.2.2.3	<i>Percentual da Produção Necessária a O & M</i>	44
3.2.2.4	<i>Geração de Receita por Hectare (IGCH)</i>	44
3.2.2.5	<i>Produtividade da Água (IPA)</i>	45
3.2.2.6	<i>Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)</i>	45
3.2.2.7	<i>Inadimplência da Tarifa D'Água K2</i>	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1	Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI)	47
4.2	Indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação	53
4.2.1	<i>Eficiência Financeira (EF)</i>	55
4.2.2	<i>Custo de Um Hectare em Produção</i>	57
4.2.3	<i>Percentual da Produção Necessária a O & M</i>	58
4.2.4	<i>Geração de Receita por Hectare</i>	60
4.2.5	<i>Produtividade da Água</i>	61
4.2.6	<i>Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)</i>	62
4.2.7	<i>Inadimplência da Tarifa D'Água K2</i>	63
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Com noventa por cento do seu território inserido na região de clima semiárido, o Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil e sofre há séculos com o problema da seca. As políticas públicas tradicionais, sempre nos momentos críticos das secas, enfocam a oferta da água através da construção de açudes, poços e cisternas. Porém, apesar dos esforços, ainda não são verificadas ações efetivas capazes de fazer o homem conviver no meio rural de forma sustentável com a seca. Em meio à distribuição irregular e quantidade insuficiente de precipitação pluviométrica, a população tem na agricultura irrigada uma opção estratégica importante no processo de desenvolvimento setorial e regional (FRANÇA, 2001a).

A agricultura irrigada no Ceará, assim como no mundo, utiliza entre 70% e 80% da água doce disponível. Sua importância tem aumentado em virtude da necessidade de incremento da produção e da produtividade agrícolas, em função do crescimento populacional, visando uma atividade produtiva sustentável no campo que possibilite uma maior estabilidade econômica ao produtor e assim possa garantir uma sobrevivência digna para o agricultor reduzindo o êxodo para os centros urbanos. Por sua vez, a agricultura irrigada pode causar sérios impactos sobre o meio ambiente, o que requer a promoção de tecnologias e práticas de manejo que induzam o uso racional dos recursos de água e de solo. Para Araújo et al. (2013), o incentivo e a adoção desta tecnologia devem estar associados ao debate da sustentabilidade, em função de sua relação com importantes variáveis ambientais como a utilização de recursos naturais, especialmente água, além de sua potencial contribuição para a desertificação.

Para incentivar a agricultura irrigada no Brasil, o Governo construiu os projetos públicos de irrigação denominados perímetros irrigados, onde os produtores adquirem lotes de terra, com uma infraestrutura de irrigação para produzir, pagando pela terra e pela infraestrutura de uso da água. No entanto, a prática da irrigação, exclusivamente, não é suficiente para promover um sistema sustentável aos agricultores, já que em muitos casos estes projetos dependem economicamente da tutela do Estado (ARAÚJO et al., 2013). A irrigação pública, segundo BRASIL (2008), sempre teve forte suporte da esfera federal de governo com muitos projetos não tendo alcançado as metas estabelecidas e não apresentando condições de sustentabilidade.

O Perímetro Irrigado Baixo Acaraú está localizado no litoral norte do Estado do Ceará, tem como fonte hídrica o Rio Acaraú, perenizado, no trecho, pelas águas dos açudes públicos

Araras e Edson Queiroz. Está inserido no divisor topográfico de duas bacias hidrográficas, na parte baixa da bacia do Rio Acaraú e na bacia Litorânea, região onde a água é um fator escasso e faz-se necessária a implementação de ações que contribuam para o melhor aproveitamento e o uso mais eficiente dos recursos hídricos. Os agricultores irrigantes do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, em sua maioria, adota método de irrigação localizada. Para Bernardo et al. (2006), a irrigação localizada consiste na aplicação de água apenas na parte da área ocupada pelo sistema radicular das plantas, com baixa intensidade e alta frequência, tais como os sistemas microaspersão e gotejamento.

Existem técnicas efetivas para se realizar o manejo de um sistema de irrigação, que vai da simples adoção de calendários de irrigação adequados à implantação de serviços de assessoramento ao irrigante (SAI), que associa uma equipe qualificada com o uso de “softwares” computacionais. De acordo com Tarjuelo et al. (2005), a finalidade primordial de um SAI é converter-se em uma ferramenta capaz de atender as demandas dos agricultores em todos os temas relacionados com o manejo da água e sistemas de irrigação, contribuindo assim para uma utilização mais eficiente da mesma.

No Ceará, em março de 2011, foi implantado um projeto pioneiro no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú (Dibau), com o objetivo principal de desenvolver um modelo de SAI que fosse adequado às condições do Estado do Ceará visando assistir aos irrigantes quanto ao adequado manejo e operação dos sistemas de irrigação. O projeto SAI é co-financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e realizado pelo Instituto de Inovação na Agricultura Irrigada (Inovagri), com o apoio técnico - científico do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Engenharia de Irrigação (Inct-EI/Esalq-USP).

O SAI desenvolvido no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú estava constituído por uma equipe de campo, de um escritório e um software, denominado sistema de assessoramento ao irrigante (S@I), para serviços via web (WebService) com envio de informações diariamente aos irrigantes (via SMS e/ou e-mail) do tempo de irrigação em cada setor dos lotes de irrigação. Recomendações definidas com base na metodologia do balanço hídrico climatológico.

Para auxiliar os gestores do SAI e do Dibau nas tomadas de decisão, a plataforma do sistema S@I possui indicadores de desempenho da irrigação, índices que permitem quantificar como a irrigação vem sendo operacionalizada no perímetro irrigado. Um dos indicadores do S@I é o Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI), que permite relacionar a quantidade de água utilizada no lote com a demandada através da recomendação de irrigação

fornecida pelo serviço de assessoramento ao irrigante (SAI). Com isso é possível identificar os lotes que estão sendo irrigados adequadamente, ou seja, os lotes que estão utilizando as recomendações do serviço de assessoramento ao irrigante.

Na gestão do Dibau, o FRI auxilia no sentido de identificar os agricultores que utilizam água em excesso, ou seja, sem levar em conta princípios técnicos. Com isso, é possível fazer campanhas de conscientização quanto ao uso racional da irrigação. Também possibilita estabelecer estratégias de cobrança pelo uso da água, nas quais privilegie os irrigantes que irrigam adequadamente.

Face ao exposto, a presente pesquisa tem como objetivo geral utilizar o Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) como estratégia de gestão para sustentabilidade hídrica e econômica do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú. Especificamente, a pesquisa visa analisar os valores do FRI para as principais culturas do Perímetro Irrigado e associá-los com indicadores de desempenho para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura Irrigada no Nordeste e no Estado do Ceará

A região Nordeste do Brasil apresenta como fator de destaque suas características edafoclimáticas, particularmente relacionadas às irregularidades do clima, principais responsáveis pelo problema das secas a tempos enfrentados pela sociedade nordestina.

O Nordeste abrange 18,27 % do território brasileiro, possuindo uma área de 1.561.177,8 km²; destes 962.857,3 km² estão inseridos no denominado Polígono das Secas (ARAÚJO, 2011). No ano de 2010, a população do Nordeste era de 53 milhões de habitantes, e destes aproximadamente 25 milhões habitavam a Região Semiárida (IBGE - 2011), apesar das condições ambientais bastante adversas.

A seca é um fenômeno cíclico que no aspecto meteorológico, se caracteriza principalmente pela redução na precipitação anual, em relação à média de precipitações dos anos considerados normais. Em um ano de grande seca, a redução de precipitação pode ser superior a 50%. Além da redução na quantidade de chuva, a intensidade da seca também depende da sua distribuição no tempo e no espaço. Em anos de seca, o período com superávit hídrico, que é de quatro meses em anos normais, pode reduzir-se para um, dois ou três meses, tempo insuficiente para o cultivo agrícola (CGEE; ANA, 2012). No Nordeste, a seca tem sido objeto de políticas e estratégias de desenvolvimento específico em função de seus impactos negativos sobre o cotidiano das pessoas e suas atividades, comprometendo de forma freqüente o abastecimento de água para consumo humano, animal e, ainda a produção agrícola.

Apesar de ser uma atividade reconhecida mundialmente por consumir muita água, podendo atingir a ordem de 70% de toda a água captada pelo homem (ALBUQUERQUE, 2004), a irrigação apresenta-se como uma das principais estratégias para elevar a eficiência da produção agrícola, com vista ao enfrentamento dos desafios impostos à agricultura pelo atual contexto de expansão populacional e de degradação ambiental no mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas onde ocorre escassez hídrica.

A preocupação com a previsão de uma escassez hídrica no mundo somado a problemáticas ambientais como a degradação dos solos, e ainda considerando as vantagens incontestáveis da agricultura irrigada para melhorar a eficiência na produção de alimento, estes aspectos têm motivado pesquisas na busca de novas tecnologias na irrigação tanto para a condução e aplicação da água (sistemas de irrigação), como para o manejo dos mesmos visando uma maior eficácia da irrigação do ponto de vista ambiental, com redução no

desperdício do recurso água e degradação do solo, como do ponto de vista econômico com redução de custos de implantação e operação.

No Nordeste brasileiro a irrigação se apresenta como uma alternativa importante na busca de uma atividade produtiva sustentável no campo, reduzindo as incertezas, que caracterizam a agricultura de sequeiro, permitindo uma produção regular e programada que possibilite uma maior estabilidade econômica ao produtor favorecendo a geração de renda e emprego no setor. Assim, com o objetivo de fortalecer o setor agrícola no Nordeste com geração de renda e postos de trabalho para garantir uma sobrevivência digna para o homem no campo, reduzindo o êxodo para os centros urbanos, a irrigação tem sido incentivada pelo governo através de políticas públicas e instituições de pesquisa e fomento.

Neste sentido podemos destacar a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), no início dos anos 1900, que posteriormente se transformou em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), em 1948 foram criadas a Companhia Hidroelétrica do Rio São Francisco (Chesf) e a Comissão do Vale do São Francisco, que foi substituída pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), posteriormente em 1959 é criada a Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (Sudene). Estas instituições serviram como base para a execução da política nacional de irrigação que foi formatada a partir da criação do Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrário (Geida), com o Programa Plurianual de Irrigação (ARAÚJO et al., 2013). Nos anos de 1970, foram lançados os Planos Nacionais de Desenvolvimento, com destaque para o Programa de Desenvolvimento do Nordeste (Polonordeste), em 1974, e mais recentemente, foi criado o Programa de Irrigação do Nordeste (Proine), em 1986, e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Fruticultura Irrigada no Nordeste, em 1996 (ARAÚJO et al., 2013).

A criação dos perímetros irrigados ocorre com a Lei nº 4.504 de 1964, e tem no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e na Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), as instituições de referência para a implantação e desenvolvimento dos mesmos. Estas complexas estruturas técnico administrativas surgiram a partir da necessidade de controlar a degradação ambiental e fornecer um modelo baseado na propriedade familiar, tendo como ponto de apoio o pequeno produtor (Codevasf, 2011). De acordo com Costa et al. (2011), em 25 de junho de 1979, foi sancionada a Lei 6.662, conhecida como Lei de Irrigação, que dispõe sobre a política nacional de irrigação. Em seu capítulo III, Art. 8º, § 1º, define Projeto Público como aquele cuja infraestrutura de irrigação de uso comum é projetada, implantada e operada, direta ou

indiretamente, sob a responsabilidade do Poder Público (GONÇALVES, 2014). Para Jales et al. (2010), vale destacar o artigo 3º, da Lei de Irrigação, que traz algumas definições importantes para o setor da irrigação. Dentre elas:

a) Projeto Público de irrigação: aquele implementado pelo Poder Público e cuja infraestrutura de irrigação e drenagem, de uso coletivo, seja, inicialmente, de sua propriedade, podendo ser alienada ou arrendada;

b) Irrigante: pessoa física ou jurídica que explora a atividade de agricultura irrigada. O Decreto regulamentador, no capítulo IV, acrescenta mais a esta definição: “irrigante é a pessoa física ou jurídica que se dedique, em determinado projeto de irrigação, à exploração do lote agrícola, do qual seja proprietária, promitente compradora ou concessionária do uso”;

c) Distrito de irrigação: sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos, com personalidade jurídica, patrimônio e administração própria, com prazo de duração indeterminado, que congrega os irrigantes de um ou mais projetos de irrigação, com a finalidade de administrar, operar e manter a infraestrutura de irrigação de uso coletivo.

Em 11 de janeiro de 2013, foi promulgada a Lei nº 12.787 que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e revoga a Lei 6.662 de 1979. A Nova Política Nacional de Irrigação estabelece os conceitos de agricultor irrigante, incluindo a agricultura familiar. Como instrumentos necessários para atualizar os fundamentos que norteiam a política para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil, constam na nova Lei os planos e projetos de irrigação, incentivos fiscais, crédito e seguro rural, pesquisa científica e tecnológica, assistência técnica e treinamento dos agricultores, entre outros (Senir, 2014).

A Lei nº 12.787, insere-se no contexto das reformas administrativas que têm sido implantadas no Estado brasileiro desde a década de 1990, com a adoção do paradigma do Estado Subsidiário, que tem como pressupostos o reconhecimento da primazia da iniciativa privada, e conseqüente limitação da intervenção estatal, além da ampliação dos instrumentos de parceria entre público e privado (MAIER, 2016).

A nova política de irrigação brasileira tem como objetivos, entre outros: incentivar a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis; promover o desenvolvimento local e regional, com prioridade para as regiões com baixos indicadores sociais e econômicos e capacitar recursos humanos e fomentar a geração e transferência de tecnologias relacionadas à irrigação (PEREIRA et al., 2015).

Segundo Pereira, et al, (2015), a nova política preconiza o disciplinamento dos problemas inerentes ao desenvolvimento da agricultura irrigada mediante a implantação de projetos públicos e privados de irrigação no Brasil, tendo a Transferência de Gestão como

sendo um dos seus aspectos que merecem destaque, uma vez que ainda dependerá de regulamentação.

Assim, com o status de política pública e parte integrante do projeto de desenvolvimento brasileiro a irrigação foi incorporada definitivamente às diretrizes de intervenção do governo na economia do Nordeste. A implantação dos Perímetros Públicos Irrigados contou com investimentos públicos e apoio por meio de empréstimos do Banco Mundial, entre 1970 e 1989 (ARAÚJO, 2007). Segundo o Banco Mundial, de 1997 a 2004, o aumento da área irrigada no Brasil foi de cerca de 34% (AZEVEDO et al., 2004).

Nestes projetos públicos de irrigação os produtores adquirem lotes de terra, com uma infraestrutura de irrigação para produzir, pagando pela terra e pela infraestrutura de uso da água (JALES et al., 2010). A estrutura de uso comum dos perímetros irrigados brasileiros é constituída, basicamente, por um reservatório hídrico, estações de bombeamento e uma malha de tubulações e canais para a distribuição da água. Já a estrutura fundiária está distribuída em quatro classes de ocupantes: pequenos produtores, médios produtores, profissionais das ciências agrárias (técnicos de nível superior) e empresas. Os lotes distribuídos variam de 2 a 8 hectares para os pequenos produtores, chegando a 300 hectares para a categoria das empresas (Dnocs, 2016).

Como parte de suas obrigações dentro de um perímetro irrigado, o produtor deve pagar as tarifas de água, que seria para o ressarcimento ao Governo pelo investimento realizado na implantação das obras de armazenamento e distribuição de água, e para cobrir as despesas relativas à administração, operação e manutenção de um sistema de irrigação. Os pagamentos podem ser cobrados mensalmente, semestralmente, anualmente ou por safra variando de acordo com a realidade administrativa e estrutural de cada perímetro. Segundo descrito por Diógenes (2008) as formas de cobrança desses pagamentos, são:

a) Por quantidade de água usada (unidade 1.000m³): Para que seja implantado, é necessária a instalação de hidrômetro em cada lote e sejam realizadas leituras periódicas. Tem como vantagens: medir com precisão o volume de água usado; e ser um método justo de apropriação.

b) Por unidade de área irrigada: Trata-se de uma tarifa fixa de acordo com a cultura e a área irrigada. Este método tem a vantagem de simplificar cobrança e contabilidade; porém, é um método pouco preciso e pode apresentar um maior consumo de água sendo indicado para monoculturas.

c) Pagamento por tarifa fixa: a tarifa é cobrada pela percentagem ou peso da produção.

d) Pagamento por tarifa mista (área e volume): é um método mais justo e eficiente, sendo que necessita de maior investimento e mais pessoal.

De acordo com Diógenes (2008), o cálculo das tarifas de cobrança da água nos Perímetros Públicos do Dnocs, é feito com base em duas parcelas, conforme descrito abaixo:

K_1 – trata-se de uma tarifa fixa para a recuperação dos investimentos feitos pela união na construção do perímetro. A parcela é resultado da divisão entre o valor do investimento total, sem juros, pela área irrigada no período de 50 anos ($R\$ \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

K_2 – está baseado nos custos operacionais da infraestrutura de uso comum e no consumo de água do perímetro. Seu cálculo é feito somando-se as despesas totais de administração, operação e manutenção da infraestrutura de irrigação e drenagem de uso comum, dividido pela quantidade de água a ser consumida pelas culturas.

A parcela K_2 subdivide-se em duas:

$K_{2.1}$ – é a parte que corresponde aos custos fixos repartidos por hectare, ou seja, independente do volume de água distribuído. É relativo aos custos com pessoal, veículo, operação e manutenção da infraestrutura e despesas administrativas.

$K_{2.2}$ – depende do volume fornecido, é uma despesa variável, baseando-se no consumo a ser bombeado na rede coletiva de distribuição. É calculado em relação ao consumo de água fornecido.

Porém, segundo Dourado et al. (2006), o Banco Mundial (2004) relata que a experiência com o desenvolvimento de áreas irrigadas demonstraram que os resultados não são imediatos. Após a construção da infraestrutura os perímetros requerem de 10 a 15 anos para atingirem o seu pleno desenvolvimento. Acrescenta ainda que as fases de engenharia e de construção normalmente constituem a parte mais fácil da implantação de novos projetos. Os maiores desafios situam-se no assentamento dos produtores, na atração de aportes empresariais e no desenvolvimento do agronegócio e de mercado capazes de viabilizar os empreendimentos (DIÓGENES, 2008).

De acordo com Gonçalves (2014), citando o decreto nº 89.496 (BRASIL, 2010), até a década de 1980 o estado era responsável por obras e ações dentro dos perímetros. Conforme relata Diógenes (2008), os objetivos principais do governo quanto ao programa de operação e manutenção dos projetos públicos de irrigação, são:

a) A concretização dos objetivos dos projetos de irrigação, conforme planejado: com a produção agrícola, geração de renda familiar e criação de oportunidade de emprego;

b) A intensificação da economia regional e nacional, devido à operação de projetos públicos de irrigação;

c) O ressarcimento dos investimentos financiados pelo governo, a ser feito pelos irrigantes; e,

d) A operação do projeto, segundo as leis federais e dos estados.

Ainda segundo Diógenes (2008), o programa de operação e manutenção dos projetos públicos, no que se refere ao envolvimento dos órgãos federais, deve contemplar:

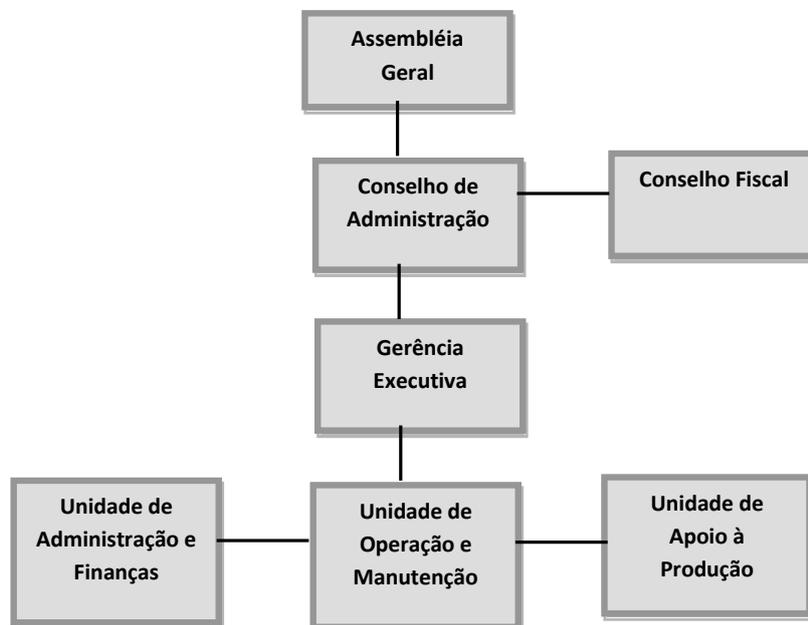
a) Emancipação de projetos existentes, atualmente operados pelo governo federal;

b) Emancipação de novos projetos em fase de construção;

c) Funções de gerenciamento e de administração relacionadas aos projetos públicos, depois de sua emancipação.

Sendo assim, fica clara a importância das funções e responsabilidades dos irrigantes e do poder público, no programa de operação e manutenção, conforme organograma da Figura 1, elaborado por Diógenes (2008), adaptado de (BUREAU OF RECLAMATION, 2002).

Figura 1 - Esquema de Organização de Operação e Manutenção de Perímetros Irrigados



Fonte: Diógenes(2008).

Porém, a gestão dos perímetros públicos irrigados no Brasil passaria para os irrigantes, que ganhariam autonomia administrativa e a gestão dos recursos hídricos. Com a sanção da Lei 10.204 de 2001, o Governo estabeleceu um prazo de cinco anos para que o Departamento

Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) concluiu a implantação do Programa de Emancipação dos Perímetros Irrigados (Proema), com a transferência definitiva das ações do Estado para as organizações de irrigantes ou para outras entidades de direito privado. (GONÇALVES, 2014; ALBUQUERQUE, 2008).

Assim, foi delegada a administração, operação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum, às associações e/ou cooperativas de irrigantes existentes nos perímetros (GONÇALVES, 2014). Segundo Diógenes (2008), ao citar Dourado et al., (2006), a emancipação de um projeto de irrigação para ter sucesso e alcançar os seus objetivos de autogestão, nos aspectos sociais e econômicos, requer a realização das etapas de co-gestão, autogestão para finalmente atingir a emancipação propriamente dita, que deve representar a independência da comunidade irrigante. Deste modo, os perímetros passaram a ter uma administração na forma de condomínios, por parte dos representantes dos próprios condôminos irrigantes. Ficando estabelecidas três etapas para emancipação dos perímetros irrigados: Cogestão, Autogestão e Emancipação (GONÇALVES, 2014).

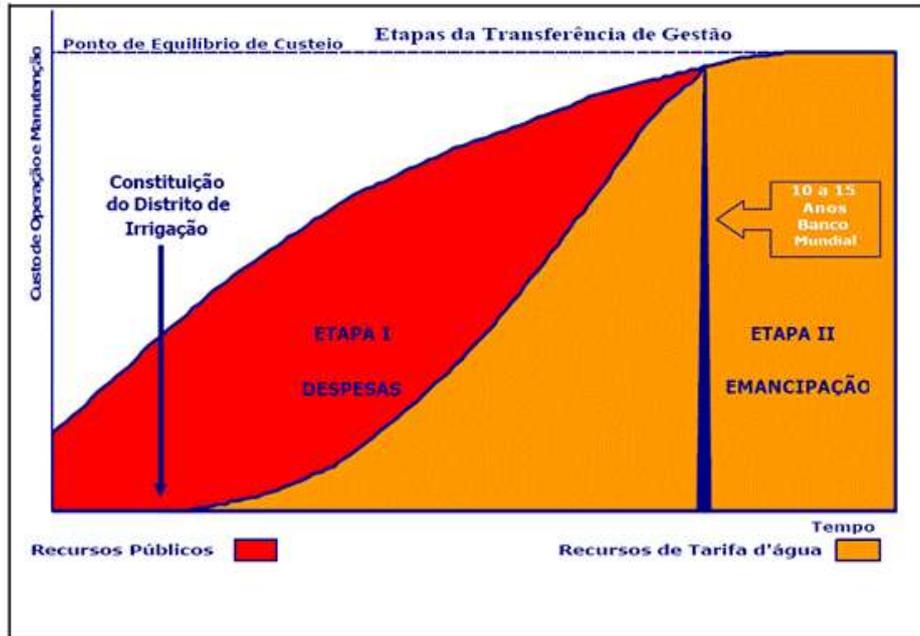
É importante destacar que apesar da semelhança entre as expressões, transferência de gestão e emancipação, a luz da legislação brasileira, há diferenças conceituais. A transferência da gestão está relacionada à sistemática de administração dos perímetros, enquanto a emancipação refere-se à autonomia e à autossuficiência econômica dessa administração (DIÓGENES, 2008). Sendo assim, Diógenes (2008), definiu as expressões da seguinte maneira:

Emancipação: Como uma etapa do processo de transferência da gestão onde a entidade que administra o perímetro de irrigação atinge a autossustentação econômica das atividades de administração, operação e manutenção da infraestrutura de irrigação de uso comum.

Transferência da gestão: Trata-se do processo para a delegação da administração, operação e manutenção da infra-estrutura de irrigação de uso comum de um perímetro público de irrigação, de um ente público para o privado.

Para Dourado et al., (2006), o processo de transferência da gestão é contínuo e indefinido no tempo, sua conclusão de forma plena ocorrerá apenas quando for possível a transferência da propriedade da infraestrutura para os irrigantes. O estágio de emancipação é alcançado quando a curva de evolução das despesas de administração, operação e de manutenção encontra a curva de evolução da receita da tarifa de água paga pelos produtores, fim da Etapa I e início da Etapa II (DIÓGENES, 2008). A Figura 2 ilustra os conceitos do processo de emancipação.

Figura 2 - Dinâmica do processo da transferência de gestão



Fonte: Diógenes (2008).

Na Etapa I, as despesas operacionais do Perímetro são compartilhadas entre o poder público e os produtores, o instrumento de delegação da transferência da gestão pode ser o *convênio*, que é o instrumento adequado para efetivação da transferência de recursos de um ente público para outro ente público ou privado.

Na Etapa II, as despesas operacionais são integralmente custeadas pelos produtores, através da celebração de um Termo de Delegação com o Distrito de Irrigação. (FILHO et al., 2004). Instrumento que deverá substituir o convênio, uma vez que, não haverá mais transferências de recursos financeiros para a organização de produtores, (DIÓGENES, 2008).

No entanto, o que se tem observado é uma dificuldade por parte dos condomínios na gestão dos perímetros irrigados. Dentre os diversos problemas, destacam-se aqueles referentes ao manejo da água, à eficiência dos sistemas, à transferência de tecnologia, à capacitação nos diversos níveis e à ausência de uma assistência técnica especializada (ARAÚJO, 2011). Deste modo, é possível observar situações contraditórias, dentro do mesmo perímetro irrigado, como áreas com problemas relacionados à degradação ambiental, devido ao excesso de água aplicada, e cultivos sofrendo com o déficit hídrico devido à escassez de água.

Segundo Araújo et al. (2013), o grande volume de inversões e os custos para operação e manutenção dos projetos de irrigação, frente aos resultados e impactos apresentados, contrapõem o potencial produtivo e os resultados projetados nos estudos de viabilidade desses

projetos, gerando questionamentos sobre a sustentabilidade e a eficiência dos perímetros como indutores de desenvolvimento regional.

Para o Banco Mundial (2014), a maioria dos perímetros irrigados brasileiros apresenta resultados econômicos insatisfatórios. Destacando, como principais fatores para o insucesso dos projetos falhas no financiamento, atraso nas obras, interferência política, critérios inadequados de seleção dos irrigantes, planejamento, baixa experiência em agricultura irrigada e gestão inapropriada (Banco Mundial, 2004).

No período de 1968 a 1992 foram construídos pelo Governo Federal, sob a gestão do Dnocs, 35 perímetros públicos irrigados na região semiárida nordestina, mais especificamente na região conhecida como “polígono das secas”. Com destaque para o estado do Ceará, onde foram instalados 40% dos perímetros, sendo possível identificar três períodos de construção: 80% dos perímetros iniciaram sua instalação no período de 1968-1979; 17% no segundo período, de 1980-1989; e apenas um perímetro, o Tabuleiros de Russas, teve sua construção iniciada na década de 1990 (ARAÚJO et al., 2013). Os dois maiores perímetros, em área irrigável do Estado do Ceará, Baixo Acaraú e Tabuleiros de Russas, só iniciaram suas operações na década de 2000. Esses dois perímetros juntos correspondem a 44% da área irrigável dos perímetros irrigados federais, sendo também os mais modernos (ARAÚJO et al., 2013). Na Tabela 1 são apresentadas informações relativas aos perímetros irrigados públicos federais sediados no Estado do Ceará.

Tabela 1 - Perímetros Irrigados Federais no Ceará

Perímetro Irrigado	Município	Início operação	Área desapropriada (ha)	Área Irrigável (ha)
Araras Norte	Varjota, Reriutaba	1988	6.407,39	3.225,00
Ayres De Souza	Sobral	1977	8.942,80	1.158,00
Baixo-Acaraú	Acaraú, Bela Cruz, Marco	2001	13.909,42	12.603,00
Curu-Paraipaba	Paraipaba	1975	12.347,00	8.000,00
Curu-Pentecoste	Pentecoste e São Luiz do Curu	1975	5.016,00	1.180,00
Ema	Iracema	1973	352,03	42,00
Forquilha	Forquilha	1979	3.327,13	261,00
Continua				

Perímetro Irrigado	Município	Início operação	Área desapropriada (ha)	Área Irrigável (ha)
Icó-Lima Campos	Icó	1973	10.583,18	4.263,00
Jaguaribe-Apodi	Limoeiro do Norte	1989	13.229,20	5.393,00
Jaguaruana	Jaguaruana	1977	343,08	202,00
Morada Nova	Morada Nova	1970	11.025,12	4.333,00
Quixabinha	Mauriti	1972	530,35	293,00
Tabuleiros de Russas	Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova	2003	18.915,00	14.508,00
Várzea Do Boi	Tauá	1975	12.878,71	630,00

Fonte: (www.dnocs.gov.br, elaboração própria).

Vale destacar o grande investimento realizado pelo Estado do Ceará em infraestrutura hídrica, passando a contar em 2012, com 2.582 km de rios perenizados, alimentados por 139 açudes, com capacidade em armazenar 18,1 bilhões de metros cúbicos de água (Reis Filho, 2012). Considerando a água já disponível, o Estado conta com uma área potencial para irrigação de 200 mil hectares, sendo utilizados apenas 90 mil hectares naquele ano (ADECE, 2013).

2.1.1 *Perímetro Irrigado Baixo Acaraú*

O Perímetro Irrigado Baixo Acaraú localizado na região norte do estado do Ceará, no trecho final da bacia do rio Acaraú, abrange áreas dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco. Esse perímetro foi idealizado e implementado pelo Governo Federal, e teve como órgão executor o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), constituindo-se em um dos melhores e mais modernos projetos de irrigação do Nordeste, pois nele foram empregadas novas técnicas e dimensionados equipamentos modernos supervisionados por um sistema de automação com tecnologia de ponta, sendo o Projeto Básico de Irrigação elaborado em 1989 e aprovado no âmbito do Projeto Nordeste II do Banco Mundial. O Projeto Executivo foi concluído em 1991 e a implantação das obras foi segmentada em duas etapas, sendo que a construção da 1ª Etapa teve início em 1993 e foi concluída em 2002 (JALES et al., 2010).

O Convênio PGE Nº 50/98, celebrado entre o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e o Estado de Ceará, através da Secretaria da Agricultura e Pecuária

(Seagri), teve como objetivo a transferência da administração, operação e manutenção de toda a infraestrutura de irrigação de uso comum do perímetro irrigado baixo Acaraú ao Estado. E, através do Contrato de Nº 190/01, o estado atribuiu competência ao Distrito de Irrigação do Perímetro Baixo Acaraú (Dibau), para administrar, operacionalizar e manter toda a infraestrutura de irrigação, de uso comum do Perímetro. O Distrito de Irrigação do Perímetro Baixo Acaraú (Dibau) é uma organização de produtores detentores de lotes, de forma colegiada, fundamentada em um convênio de transferência de gestão, assinado entre o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e o Distrito de Irrigação, que estabelece normas, critérios, direitos e deveres de cada um. Trata-se de uma organização civil de direito privado, sem fins lucrativos (JALES et al., 2010).

Os sistemas de irrigação predominante no perímetro irrigado Baixo Acaraú são os sistemas localizados, de microaspersão e de gotejamento. Segundo Bernardo et al. (2006), os sistemas localizados caracterizam-se por aplicar água somente na zona radicular das culturas, em pequenas intensidades, porém com alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), de modo que se mantenha a umidade do solo ao nível da capacidade de campo ou próximo dele. Os sistemas de irrigação localizada são conhecidos por apresentarem elevada eficiência de aplicação de água e, particularmente recomendados para áreas com escassez de recurso hídrico ou quando a cobrança pelo uso deste recurso onera muito o processo produtivo. Quando adequadamente projetados, instalados, mantidos e manejados, os sistemas de microirrigação podem eliminar os problemas advindos do escoamento superficial e a conseqüente erosão do solo e atingir elevados níveis de eficiência de aplicação e uniformidade de distribuição de água e produtos químicos. Por irrigar pequenos volumes de solo, permite a redução da percolação profunda na área e das perdas por evaporação, refletindo em economia de água e de produtos químicos, devido ao aumento da eficiência, reduzindo os custos com controle de pragas e doenças. Logo, é unânime a concordância de que uma das maiores vantagens da microirrigação é a economia de água.

Porém, assemelhando-se à maioria dos perímetros públicos irrigados do Brasil, o baixo Acaraú enfrenta sérios problemas de ordem técnica relacionados com a baixa eficiência na irrigação, como: a falta de manejo adequado, a pouca ou inexistência de assistência técnica, entre outros; e, de ordem ambiental com a escassez hídrica devido a seca que tem assolado o estado do Ceará desde ano de 2012. Estes problemas afetam de forma negativa as atividades produtivas e prejudicando a economia e administração das unidades produtivas (lotes), por parte dos irrigantes, impactando diretamente na gestão administrativa do Dibau, deixando mais distante a tão sonhada autossustentabilidade.

2.1.2 O SAI no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú

O Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI) tem sua origem na Califórnia, com a criação do primeiro serviço de assessoramento, cuja iniciativa surgiu como ferramenta para realizar o uso eficiente da água, constituindo-se no *California Irrigation Management Information System* (SNYDER, 1984). Outros Serviços destacados são os desenvolvidos no Reino Unido, na Itália e na Espanha (ORTEGA *et al.*, 2005). Dessa forma, tem-se uma ferramenta de apoio importante para as atividades de melhoria e modernização dos sistemas de irrigação e de grande utilidade para otimizar o uso da água, e os demais fatores de produção (LIMA *et al.*, 2015).

Segundo Lima *et al.*, (2012) em março de 2011, foi implantado um projeto pioneiro no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú (Dibau), com o objetivo principal de desenvolver um modelo de SAI que fosse adequado às condições do Estado do Ceará visando assistir aos irrigantes quanto ao adequado manejo e operação dos sistemas de irrigação. O projeto SAI contou com o cofinanciamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e foi realizado pelo Instituto de Inovação na Agricultura Irrigada (Inovagri), com o apoio técnico - científico do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Engenharia de Irrigação (Inct-ei/Esalq-USP). O SAI desenvolvido no perímetro irrigado Baixo Acaraú estava constituído por uma equipe de campo, de um escritório e um software para serviços via web (Web Service) com um sistema de envio de informações diariamente aos irrigantes (via SMS e/ou e-mail) do tempo de irrigação em cada setor dos lotes de irrigação. Recomendações definidas com base na metodologia do balanço hídrico climatológico.

De acordo com Lima *et al.* (2012), a metodologia de cálculo utilizada pelo sistema S@I no Baixo Acaraú para estimar a lâmina de irrigação, segue o modelo de Penman-Monteith-FAO, cujo cálculo de evapotranspiração da cultura é definido pela equação 01 para posterior cálculo dos tempos de irrigação:

$$ET_c = K_c * ET_0 \quad (01)$$

Sendo:

ET_c - evapotranspiração da cultura (mm);

K_c - Coeficiente da Cultura (K_c simples);

ET_0 – Evapotranspiração de referência.

A evapotranspiração de referência é calculada em base a equação 2.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(Rn-G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d U_s)} \quad (02)$$

Em que:

ET_0 – evapotranspiração de referência padronizada para cultura rasteira, mm dia⁻¹;

Rn – saldo de radiação ou radiação líquida na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹;

G – densidade de fluxo de calor na superfície do solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T – temperatura média diária do ar, entre 1,5 a 2,5 m de altura, °C; $T = (T_{max} + T_{min})/2$;

U_2 – velocidade média diária do vento, entre 1,5 e 2,5 m de altura, m s⁻¹;

e_s – pressão de saturação de vapor d'água no ar, entre 1,5 e 2,5 m de altura, kPa, calculada para períodos diários, como a pressão de saturação média nas temperaturas máxima e mínima do ar;

e_a – pressão atual de vapor d'água no ar, entre 1,5 e 2,5 m de altura, kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de saturação de vapor d'água da atmosfera no ponto correspondente à temperatura média do ar, kPa °C⁻¹;

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

C_d – constante que depende da cultura de referência e do período de tempo de cálculo da ET_0 (0,34 K mm s³ Mg⁻¹ dia⁻¹ para a grama e período diário);

C_n – constante que depende da cultura de referência e do período de tempo de cálculo da ET_0 (900 s m⁻¹ para a grama e período diário);

0,408 – coeficiente para redução de unidades, m² mm MJ⁻¹.

Para a obtenção dos valores de coeficientes das culturas (K_c) foram inseridos na plataforma do “software” do sistema S@I dados existentes na literatura, da FAO e de estudos realizados na região, dando-se preferência a resultados de estudos locais, com vistas à obtenção dos valores de lâmina de irrigação e posterior tempo de irrigação. A escolha da fonte do K_c das culturas, fica a critério do técnico de campo que seleciona no banco de dados do sistema S@I a fonte da informação desejada ao realizar o cadastro da cultura (Lima et al., 2012). A Figura 3 ilustra a rotina de atividades do serviço SAI para o envio de informações aos irrigantes do DIBAU.

Figura 3 - Rotina do SAI para envio de informações aos irrigantes.



Fonte: Lima et al, (2015).

Lima et al., (2012), descreveu o sistema implantado no Baixo Acaraú, que foi denominado de Sistema de Assessoramento ao Irrigante (S@I), como um sistema Web, com versões em português e em inglês e que possui as seguintes características:

- É do tipo ERP (Enterprise resource planning) e dessa forma tem como objetivo: centralizar as informações e gerir o seu fluxo durante todo o processo de desenvolvimento das atividades na área da irrigação, integrando tudo e possibilitando aos gestores acesso ágil, eficiente e confiável às informações gerenciais, dando suporte à tomada de decisões.

- O software foi desenvolvido com a tecnologia JEE (Java Platform, Enterprise Edition 6) e utiliza banco de dados Postgre SQL, possuindo suporte para objetos geográficos pelo Post GIS, permitindo que ele seja usado como um banco de dados espacial para sistemas de informação geográfica (SIG).

- O S@I possui os seguintes módulos:

1. Módulo de assessoramento ao irrigante: utilizado por técnicos de irrigação, que contém toda a base de dados dos irrigantes do perímetro irrigado, dando suporte de informações técnicas para a execução do serviço de assessoramento ao irrigante.

2. Módulo de irrigação: que utiliza a base de dados do módulo de assessoramento ao irrigante, integrado com uma estação meteorológica automática para calcular e enviar via SMS ou E-mail, o tempo de irrigação diário de cada plantio ao produtor.

3. Módulo do irrigante: que disponibiliza via Web uma página para cada irrigante com suas informações básicas e de todos seus cultivos bem como seu histórico de irrigação.

O software começou a ser utilizado a partir de 2012 com o envio das mensagens via SMS e web service aos irrigantes informando o tempo de irrigação em cada setor. As principais atividades realizadas pela equipe no perímetro vão desde o cadastramento dos irrigantes, atualizado anualmente, a recomendação do tempo de irrigação, atendendo as demandas dos agricultores que requerem avaliações periódicas de uniformidade de aplicação dos sistemas de irrigação. Os dados meteorológicos são baixados das estações meteorológicas e processados diariamente. Os cálculos de requerimento hídrico são realizados na plataforma do S@I e enviados aos irrigantes a informação do tempo de irrigação em cada setor de irrigação dos lotes (LIMA et al., 2012).

Para auxiliar os gestores do SAI e do Dibaú nas tomadas de decisão, a plataforma do sistema S@I possui indicadores de desempenho da irrigação, índices que permitem quantificar como a irrigação vem sendo operacionalizada dentro de um perímetro irrigado. Um dos indicadores do S@I é o Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) que permite relacionar a quantidade de água utilizada no lote com a demandada através da recomendação de irrigação fornecida pelo Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI). Com isso, é possível identificar os lotes que estão sendo irrigados adequadamente, ou seja, os lotes que estão utilizando as recomendações do serviço de assessoramento ao irrigante (LIMA et al., 2015).

Na gestão do Dibaú, o FRI auxilia no sentido de identificar os agricultores que utilizou água em excesso, ou seja, sem levar em conta princípios técnicos. Com isso, é possível fazer campanhas de conscientização quanto ao uso racional da irrigação. Também possibilita estabelecer estratégias de cobrança pelo uso da água, nas quais privilegie os irrigantes que irrigam adequadamente.

2.2 Indicadores para avaliação de desempenho em Perímetros Irrigados

Vários fatores contribuem no desempenho dos perímetros irrigados, sejam eles de ordem técnica, econômica, social ou ambiental. Para uma análise desses fatores é necessário

monitorá-los, permitindo transformá-los em parâmetros mensuráveis. O nível de monitoramento deve situar-se entre o desejável e o viável, para tal, deve-se considerar o padrão da avaliação que se pretende e os custos operacionais necessários à medição (DIÓGENES, 2008). Melhorar a operação do sistema, avaliar a evolução em função de metas, avaliar impactos de intervenções, diagnosticar as intervenções, entender melhor os determinantes do desempenho, além de comparar o desempenho entre perímetros, ou dentro do perímetro ao longo do tempo, são fatores que motivam a avaliação de desempenho (MOLDEN et al., 1998).

Segundo Diógenes (2008), Effertz et al. (1993) descrevem o monitoramento como um instrumento gerencial de grande importância para tomada de decisões, uma vez que permite avaliar o desempenho das atividades, acompanhar a evolução deste desempenho ao longo do tempo, adotar medidas corretivas necessárias e, no caso específico das atividades de operação e manutenção, comparar os indicadores com perímetros similares. Vale ressaltar que o desempenho de um sistema engloba as atividades de aquisição dos insumos e a transformação dos mesmos em produtos finais e intermediários, além dos efeitos destas atividades no próprio sistema e no meio ambiente no qual se encontra (SMALL; SVENDSEN, 1992).

2.2.1 Produtividade da água

O aumento da demanda pelo recurso água vem gerando uma pressão competitiva, cada vez maior, entre os diversos setores usuários deste recurso (irrigação, indústria, cidades, lazer). É importante que todos os usuários não somente façam uso inteligente e eficaz de suas águas, mas também sejam capazes de justificar a sua utilização racional e eficaz para competir por água (FRIZZONE, 2014). A irrigação vem sendo apontada como a atividade que mais consome água no mundo.

Dessa forma, os parâmetros de desempenho da irrigação são ferramentas que podem ajudar a visualização com um nível de detalhamento mais aprofundado (FRIZZONE, 2014).

Na comunidade de irrigação, a escassez hídrica e a competição pela mesma a cada dia enfatizam a necessidade do uso eficiente da água, onde diferentes equipamentos, sistemas e práticas de irrigação, competem um com o outro no que diz respeito a maximizar eficiência do consumo de água, e assim os custos de capital, custos operacionais e custos de manutenção e de outros fatores, onde os indicadores de desempenho da irrigação podem servir de base para essas comparações e para a seleção de atividades em competição. A qualidade da

irrigação pode ser expressa por alguns indicadores de desempenho nomeados, basicamente, por três palavras-chave: uniformidade, eficiência e grau de adequação (FRIZZONE, 2014).

O conceito clássico de eficiência de irrigação usado pelos engenheiros omite os parâmetros econômicos. Para a determinação da eficiência de irrigação em seu nível ótimo, os economistas procuram conhecer o valor da água de irrigação e o custo do acréscimo no sistema de produção ao controlar ou manejá-la. Quando a água torna-se um bem escasso, o crescimento da produtividade da água ou reduções no volume captado se torna um fator de alto valor agregado. Porém, produtividades mais elevadas da água não necessariamente significam eficiência econômica maior.

A necessidade total de água para uma cultura, baseada em informações do clima, é oriunda da sua evapotranspiração (ETc). A lâmina real ou líquida de água necessária para a cultura é definida conforme equação 03:

$$LL = ETc - Pe \quad (03)$$

Em que:

LL: lâmina líquida necessária (mm);

ETc: evapotranspiração da cultura (mm);

Pe: precipitação efetiva (mm).

O conceito clássico de eficiência de irrigação (Ei) é dado pela equação 04:

$$Ei = LL/Ld \quad (04)$$

Em que:

Ld: lâmina de água derivada ou captada de uma fonte (mm).

Os novos conceitos de eficiência de irrigação são abordados por Seckler et al. (2003), os quais incluem o conceito de reuso, reutilização ou reciclagem da água para algum lugar do sistema. Um desses novos modos é chamado de eficiência líquida (EL) e é dado pela equação 05:

$$EL = Ei + Er.(1 - Ei) \quad (05)$$

Em que:

EL: eficiência de irrigação líquida;

$(1 - E_i)$: ineficiência clássica, que é percentagem da água derivada que não é usada para as exigências da LL;

Er: percentagem de $(1 - E_i)$ que está potencialmente disponível para recuperação, reuso ou reciclagem em algum lugar do sistema.

Há outras formas de apresentar a eficiência baseando-se no reuso da água, como a da eficiência efetiva (EE) de Keller e Keller, citados também por (SECKLER et al., 2003).

Há diversas formas de se expressar a produtividade da água (KIJNE et al., 2003):

a) produtividade puramente física – é a quantidade de produto gerado dividido pela quantidade de água captada da fonte, em kg/m^3 ;

b) produtividade combinada física e econômica – que é o valor presente bruto ou líquido do produto dividido pela quantidade de água captada, em $\text{R}\$/\text{m}^3$;

c) produtividade econômica – que é o valor presente bruto ou líquido do produto dividido pelo valor da água captada, definido em termos do seu custo de oportunidade.

Brito et al. (2000, 2003) estudaram o desempenho de indicadores para avaliar perímetros de irrigação público e privado. Esses indicadores se basearam em parâmetros físicos (como o volume de água captado, evapotranspiração, consumo de água, entre outros) e econômicos (custos de água, energia e produtos gerados). Os resultados obtidos com os diagnósticos realizados nos estudos servirão de base para melhorar o uso da água nos locais e que se alcance também o incremento da produtividade da água.

2.2.2 Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação

Os indicadores têm como objetivo organizar a informação de forma a deixar clara a relação entre os recursos alocados a um projeto e os impactos, resultados ou rendimentos obtidos, de forma a permitir a identificação de problemas que possam impedir o alcance dos objetivos propostos (DIÓGENES, 2008). Para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea (1991), “indicadores são formas de representação quantificáveis de características de processos e produtos utilizados para acompanhar e melhorar os resultados ao longo do tempo”. Já o Banco Mundial (1996) define indicadores de desempenho como “medidas de recursos alocados, impactos, produtos e resultados de um projeto, monitorados durante as diversas fases do mesmo para avaliar seu desenvolvimento em relação aos objetivos definidos” (DOURADO et al., 2006).

Indicadores de desempenho têm sido um componente da prática de irrigação desde que o homem começou a controlar a água para aumentar a produção de alimentos. Os antigos egípcios monitoravam rigorosamente o nível de água do Rio Nilo para saber qual área poderia ser irrigada, para se prevenir de enchentes e da falta de alimentos. Falhas no monitoramento de desempenho são também conhecidas há séculos: O colapso da civilização Mesopotâmica deveu-se em grande parte à salinização e encharcamento de suas terras irrigadas. (BOS et al., 1993).

O monitoramento é essencial para prover os dados necessários à avaliação de desempenho, entretanto na sua forma bruta os dados obtidos são desprovidos de significado. Um indicador de desempenho inclui necessariamente um valor atual, um parâmetro e uma meta que permitem avaliar rapidamente o desvio verificado e determinar se o mesmo é ou não aceitável. É importante assegurar que o indicador selecionado irá descrever o desempenho do sistema em relação aos objetivos estabelecidos para mesmo (DOURADO et al., 1996)

Os mesmos autores afirmam que os benefícios dos indicadores advêm de serem mensuráveis e derivarem diretamente dos objetivos dos projetos, que por sua vez são fundados em análises setoriais, econômicas, de benefícios e de riscos. Indicadores estabelecem de maneira quantificável a ligação entre insumos e atividades dos projetos com resultados e impactos esperados.

Existem cerca de 40 indicadores de desempenho multidisciplinares atualmente utilizados no “Research Program on Irrigation Performance” (Programa de Pesquisa sobre Desempenho de Irrigação – RPIP). Estes indicadores cobrem a distribuição da água, o uso eficiente da água, a manutenção, a sustentabilidade da irrigação, os aspectos ambientais, socioeconômicos e de manejo. Em geral, não é recomendado o uso de todos os indicadores. O número de indicadores que poderá ser utilizado depende do nível de detalhes com o qual se necessita quantificar o desempenho, sendo que um bom indicador poderá ser usado de dois distintos modos, por exemplo, ele informa como está o desempenho do projeto atualmente e, em conjunto com outros indicadores, poderá auxiliá-lo para identificar o curso correto de ações para melhoria do desempenho dentro do projeto. Desta forma, o uso do mesmo indicador ao longo do tempo é importante porque auxilia na identificação de tendências que necessitarão ser revistas, antes que medidas reparadoras tornem-se muito caras ou complexas (BOS, 1997).

Os indicadores de desempenho para perímetros irrigados podem ser divididos segundo Oliveira et al. (2004), em:

- Indicadores de desempenho do serviço de operação e manutenção;

- Indicadores de desempenho da atividade agrícola;
- Indicadores socioeconômicos.

Para Molden et al., (1998), estes indicadores, são utilizados para mostrar relações e tendências e serão úteis na identificação de situações onde os estudos mais detalhados deverão ocorrer.

Small e Svendsen (1992) alegam que, ao mesmo tempo, que a multiplicidade de tentativas de avaliar o desempenho tornou-se uma tarefa confusa e difícil, apesar de, a avaliação de desempenho da irrigação, ser importante para os gerentes de projetos de irrigação, ela tem sido negligenciada por aqueles que alocam fundos públicos para irrigação e para os pesquisadores.

Effertz et al. (1993) consideram de suma importância a utilização de indicadores financeiros no perímetro irrigado, ressaltando a importância da avaliação econômica, principalmente na fase em que os perímetros irrigados estão sendo administrados pelos próprios usuários através de suas organizações.

De acordo com Bos (1997), cada participante do setor agrícola, políticos, membros de agências (distrito de irrigação, associação de usuários, departamento de água, etc) e produtores, têm diferentes perspectivas no significado do desempenho econômico. Sendo que, cada um, requer um grupo separado de indicadores que reflita separadamente seus objetivos.

Conforme o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (1991), um indicador revela o desempenho atual do sistema e em conjunto com outros indicadores permite identificar o correto curso de ações para melhoria do aludido sistema.

A qualidade do indicador de desempenho será dada pelo grau em que atenda aos seguintes requisitos, considerada a situação específica a que for aplicado:

- Relevância: os indicadores devem descrever o desempenho do sistema em relação aos objetivos estabelecidos para mesmo.
- Seletividade: os indicadores devem refletir os aspectos essenciais do processo monitorado.
- Simplicidade e baixo custo de obtenção: facilidade de compreensão e aplicação, inclusive pelos executores diretos; gerado preferencialmente a custo baixo; calculado através da utilização de relações matemáticas simples ou números absolutos.
- Cobertura: suficientemente representativa, inclusive em termos estatísticos do processo a que se refere, optando por aqueles grandes ou representativos de situação ou

contexto geral e sempre que possível, estendendo o alcance do monitoramento para cobrir maior número de situações.

- **Estabilidade:** permanência ao longo do tempo e geração com base em procedimentos rotineiros e incorporados às atividades do órgão. Permitir a formação de séries históricas.

- **Rastreabilidade:** permitir registro, manutenção e utilização dos dados, inclusive para indicação de tendências. As informações utilizadas e memórias de cálculo, inclusive os servidores envolvidos na coleta e manipulação dos dados são essenciais à pesquisa dos fatores que afetam a qualidade.

- **Razoabilidade:** as variações medidas devem estar associadas diretamente aos processos monitorados. Quanto maior a distância entre o objeto da avaliação e as medições feitas para o cálculo do indicador, maior o número de fatores que podem influir ou prejudicar a precisão.

O uso de indicadores em projetos públicos de irrigação é ainda restrito para diagnosticar os benefícios sociais e econômicos das comunidades, onde se encontram instalados, desde sua implantação.

Esses indicadores são excelentes para diagnosticar o momento econômico de cada perímetro e gerar uma classificação de desempenho, que futuramente, possibilitará o direcionamento do Perímetro para emancipação total ou parcial, lhes garantindo estabilidade sócio-econômica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú

Os dados da pesquisa foram obtidos no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, localizado na região Norte do Ceará, no período de setembro a outubro de 2014. A região dista aproximadamente 220 km de Fortaleza e 160 km do porto do Pecém, uma posição privilegiada para a exportação dos produtos por estar interligada com a malha rodoviária nacional por rodovias asfaltadas.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é AW', quente e úmido com chuvas de verão-outono, registrando temperaturas médias mensais superiores a 18°C e mais ou menos constantes no decorrer do ano, com amplitude térmica sempre inferior a 5°C. Os meses mais quentes são novembro e dezembro. A temperatura média mensal mais baixa ocorre quase sempre em junho ou julho.

A pluviosidade média anual é 938 mm com estação chuvosa ocorrendo geralmente de janeiro a junho, concentrando 80 % nos meses de fevereiro a maio. No entanto, a distribuição é bastante irregular, podendo em qualquer mês do ano ocorrer veranico. A evapotranspiração de referência média anual é de 1.600 mm. Os valores médios anuais de temperatura e umidade relativa do ar são de 28°C e 70%, respectivamente. A velocidade média anual dos ventos é de 2,0 m.s⁻¹, com direção predominante leste ou sudeste.

Há predominância de solos com textura arenosa, bastante profundos, das classes dos Podzólicos, Latossolos e Areias Quartzosas, conferindo uma alta taxa de infiltração e boa drenagem interna do perfil, reduzindo o risco de salinização do solo e propiciando uma elevada aptidão agrícola, inclusive para fruticultura perene. Por outro lado, estas características estão associadas a solos de reduzida fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água, exigindo uma atenção com relação ao aporte de matéria orgânica e ao manejo da irrigação.

O Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú (Dibau), é uma organização de produtores detentores de lotes (propriedades), de forma colegiada, fundamentada em um convênio de transferência de gestão, assinado entre o Dnocs e o Distrito de Irrigação, que estabelece normas, critérios, direitos e deveres de cada um, sendo uma organização civil de direito privado, sem fins lucrativos.

A infraestrutura hidráulica principal que atende ao perímetro irrigado, segundo o Projeto Baixo Acaraú, compreende todo o sistema de captação e adução de água, formada

pela barragem de derivação Santa Rosa (Figura 4) com capacidade de armazenamento de 200.000 m³; pela Estação de Bombeamento Principal (horas de bombeamento - 8:00 h/dia - 3 bombas) tendo um volume bombeado diário de 230.000 m³ pelas Adutoras Principais e pela Rede Principal do Perímetro (volume que circula no canal - 220.000 m³), além das obras especiais ao longo do canal principal que são os reservatórios: R1 – capacidade de 50.000 m³ e R2 – capacidade de 30.000 m³, dez vertedores “bico de pato” e ao longo do canal secundário, reservatório com capacidade de 9.000 m³ e três vertedores “bico de pato”.

Figura 4 - Barragem Santa Rosa no Rio Acaraú - Fonte hídrica do Perímetro.



Fonte: Dnocs (2016).

O projeto original do perímetro irrigado Baixo Acaraú prevê uma área irrigável de 12.407,00 ha, dividida em duas etapas de implantação, sendo na primeira etapa uma área de 8.816,61ha, distribuídos entre 571 Usuários (Dnocs, 2016). As parcelas estão distribuídas em três categorias sendo, lotes para pequeno produtor com 08 ha, lotes técnicos para profissionais da área de agronomia com tamanho variando entre 16 a 18 ha, e lotes empresariais com área que variam de 80 a 200 ha. No ano de 2012, a situação de ocupação do perímetro era de uma área total irrigável de 8.335 ha divididos em 522 lotes, com os agricultores organizados em uma comunidade de irrigantes (LIMA et al., 2012). Já em levantamento realizado pela equipe do Projeto Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI) do Instituto de Pesquisa e Inovação da Agricultura Irrigada (Inovagri) em parceria com o Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú (Dibau), apontou que em 2014 dos 8.438,00 ha de área irrigável implantada (Dnocs, 2016),

apenas 3.825,75ha estavam efetivamente em produção, o que corresponde a 45,33% da área total, conforme se observa na Tabela 2.

Tabela 2 - Situação das áreas com os agricultores irrigantes em 2014

Situação	Área total (ha)	Percentual de Área (%)
Área irrigada	3.786,00	44,86
Área de sequeiro	39,75	0,47
Sem atividade	4.612,86	54,67
Total	8.438,61	100,00

Fonte: SAI (2015).

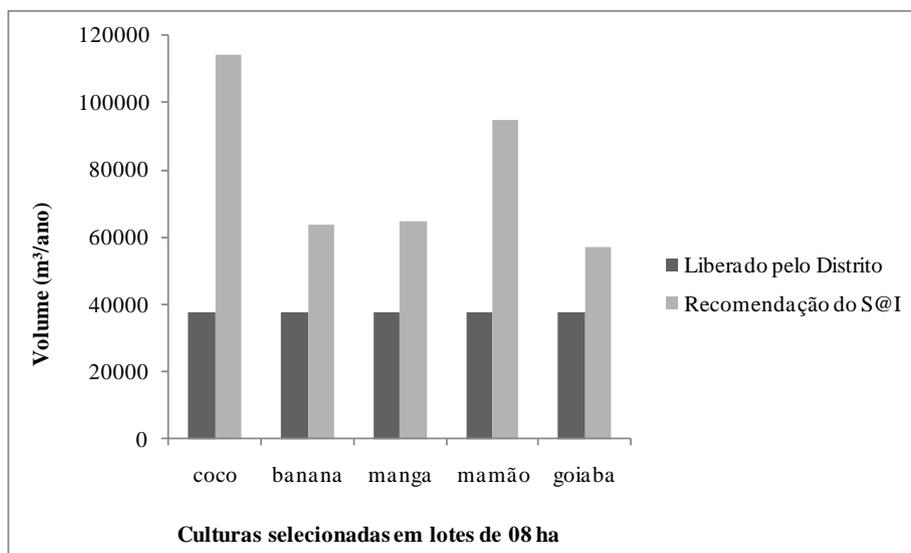
O levantamento apontou ainda as principais culturas em área cultivada, assim divididas: 1724.08 ha de coco, 714.15 ha de banana, e 210,60 ha de goiaba (SAI, 2015). É importante destacar também que os sistemas de irrigação predominantes no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú são os sistemas localizados do tipo microaspersão e gotejamento. Os sistemas localizados têm como principais limitações o elevado custo de implantação, em torno de R\$ 4.500,00e R\$ 6.000,00 para implantação de 1,0 ha com microaspersão e gotejamento respectivamente, problemas relacionados à qualidade da água podendo ocorrer entupimento de emissores, afetando significativamente a uniformidade de distribuição de água, o que obriga o investimento em sistemas de filtragem, podendo ainda ocorrer acúmulo de sais na superfície do solo e no perímetro do bulbo molhado próximo ao sistema radicular das plantas. Assim, apresenta um elevado custo de manutenção, sendo necessárias limpezas e avaliações periódicas para manter os elevados níveis de eficiência de aplicação e uniformidade de distribuição.

No final de 2014, após três anos com precipitações abaixo da média, o nível de água dos principais reservatórios que abastece o perímetro encontrava-se abaixo de 50% de sua capacidade (Cogerh, 2014). Mediante essa situação crítica, após assembleia geral dos irrigantes, foram adotadas providências com o objetivo de salvar as culturas perenes, e neste sentido ficou definido que seria proibida a ampliação de áreas irrigadas com a realização de novos cultivos, e ainda, adotada uma cota de irrigação por lote, considerando a área irrigada. Após o cálculo da cota hídrica, com uma oferta diária de 50.000 m³ para todo o Dibau, ficou estipulado que cada lote de 8,0 ha receberia um volume anual de 37.415 m³ (CRUZ, 2015).

No relatório de demanda hídrica do sistema S@I, “software” que opera desde 2011 no perímetro irrigado, e realiza o cálculo da necessidade hídrica das culturas através de dados

meteorológicos, verifica a seguinte recomendação por lote de oito hectares, referente às principais culturas implantadas no perímetro, em volumes anuais: coco - 113.992 m³, mamão - 94.800 m³, manga - 64.799 m³, banana - 63.667 m³, e goiaba - 57.115 m³. A Figura 5 apresenta o comparativo dos volumes anuais recomendados pelo S@I, para as principais culturas, e o liberado pelo DIBAU, por lote de oito hectares, no sistema de cotas adotado em 2014.

Figura 5 - Recomendação anual do S@I para lote de oito hectares e volume de água liberado por lote pelo Distrito no ano de 2014.



Fonte: Cruz (2015).

É de total relevância considerar que mesmo o agricultor irrigante optando por manter o sistema de irrigação instalado em campo, após o racionamento durante o ano de 2014, a oferta de água não supriu a necessidade hídrica total das culturas. Assim sendo, salvo a quadra chuvosa do ano de 2014, nenhuma cultura recebeu a lâmina de água necessária para garantir a produção potencial do cultivo.

3.2 Coleta de dados

O período considerado para o levantamento de informações foram os anos de 2012 a 2014, que por se tratar de um período onde as chuvas ficaram abaixo da média histórica da região, foi o período de maior demanda de atividade para a Equipe do Projeto SAI no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, devido principalmente ao reconhecimento de sua importância por parte dos irrigantes e gestores do Dibau, para a gestão de áreas irrigadas,

disponibilização de informações que auxiliam no manejo da irrigação e na tomada de decisão, o que possibilita a economia do recurso água. Vale destacar que, segundo a Funceme (2016), as precipitações observadas na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, nos anos de 2012, 2013 e 2014 foram de 291,9, 504,9 e 476,8 mm, respectivamente, sendo que o normal para a região é de 802,1 mm anual.

A estratégia utilizada teve como referência o emprego do Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) do sistema S@I para expressar o cenário do consumo da água no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, e assim auxiliar os gestores do Distrito na tomada de decisões. Especificamente, a pesquisa visou calcular o FRI para as principais culturas do Perímetro Irrigado (coco, banana e goiaba) e sua relação com indicadores de sustentabilidade econômica e social para o Distrito de Irrigação e o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

3.2.1 Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI)

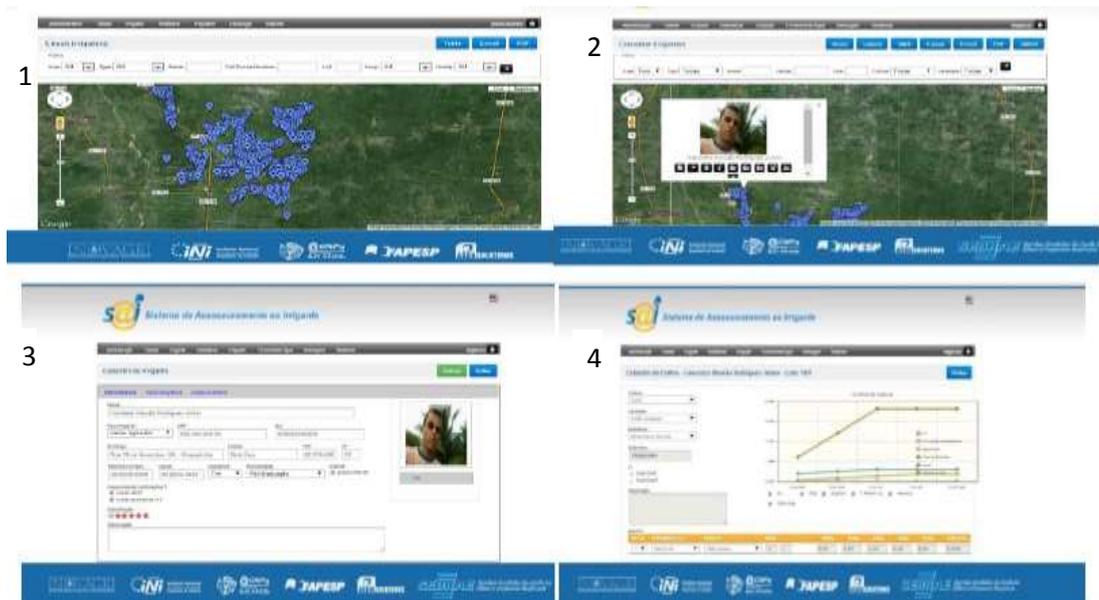
Os SAI's, em todo o mundo, fornecem informações gerais para os agricultores irrigantes, limitando-se ao favorecimento de cálculos em nível de Evapotranspiração de Referência (ET_o) ou de Evapotranspiração da Cultura (ET_c). Porém, para realizar o manejo da irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú foi implantado em 2011 um modelo de Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI) para o qual foi desenvolvido um “software”, denominado Sistema de Assessoramento ao Irrigante (S@I) capaz de atender as especificidades locais, do ponto de vista técnico, e oferecer os serviços via web (Web Service) com um sistema de envio de informações diariamente aos irrigantes (via SMS e/ou e-mail).

O software do sistema S@I armazena e compila os dados cadastrais para cada irrigante, tais como, dados do sistema de irrigação, da cultura e informações sobre a propriedade e o agricultor, e, informações diárias de clima coletadas de uma estação agrometeorológica local. Além disso, o software pode realizar o balanço hídrico na zona radicular utilizando a precipitação efetiva e a irrigação como parâmetros de entrada de água e a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a percolação profunda como parâmetros de saída (LIMA et al, 2015). Assim, o S@I é capaz de fornecer diariamente o tempo de irrigação para cada setor dos lotes e cultivos cadastrados, sendo as recomendações definidas com base na metodologia do balanço hídrico climatológico.

Este aplicativo utiliza a internet para prestar serviços úteis aos agricultores que compõem o Dibaú, oferecendo ferramentas para a pesquisa, tornando-se um modelo para muitos outros Distritos de Irrigação no Brasil (LIMA et al., 2015).

A seguir são apresentadas na Figura 6, quatro telas do software do sistema S@I: (1) visualização global do Distrito; (2) visualização do irrigante escolhido; (3) tela com os dados do irrigante e (4) tela com os dados de Coeficiente da Cultura (K_c). Com essas ferramentas, a partir dos dados meteorológicos importados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) determina-se a ETo mediante a metodologia de Penman-Monteith-FAO (Lima et al 2015; Allen et al., 1998).

Figura 6 - Telas do Sistema SAI



Fonte: Sistema S@I (2016).

O indicador Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) do sistema S@I relaciona a quantidade de água utilizada no lote, obtida por meio de leitura mensal no hidrômetro (Figura 7) instalado na entrada de cada lote, com a demandada através da irrigação requerida calculada pelo software do Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI) e fornecido diariamente pelo sistema S@I como recomendação do tempo de irrigação.

Figura 7 - Hidrômetro instalado nos lotes de oito hectares do Perímetro.



Fonte: Autor (2016).

O indicador de fornecimento relativo de irrigação (FRI) do S@I é obtido conforme equação 06.

$$\text{FRI} = \frac{\text{Água fornecida ao lote (m}^3\text{)}}{\text{Requerimento de irrigação (m}^3\text{)}} \quad (06)$$

Sendo, o requerimento de irrigação obtido através da diferença entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a precipitação efetiva em valores acumulados no período determinado para o cálculo do FRI, no caso um mês.

Visando uma maior precisão nos valores do FRI, optou-se neste trabalho pelo cálculo do volume real de água aplicada no campo, em substituição ao denominador da equação 06. Para isto foram realizadas visitas aos lotes selecionados colhendo informações da cultura (idade, espaçamento e plantel), do sistema de irrigação (tipo de emissor e n° de emissor por planta) e manejo do mesmo, além de medir a vazão dos emissores.

O volume de água aplicado no campo foi obtido relacionando a vazão do sistema de irrigação com o tempo de irrigação recomendado pelo software S@I.

A análise do fornecimento relativo de irrigação (FRI) permite identificar os lotes que estão utilizando as recomendações do serviço de assessoramento ao irrigante.

3.2.2 Indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação

3.2.2.1 Eficiência Financeira (EF)

Este indicador é definido pela relação entre o volume de recursos financeiros arrecadados anualmente da tarifa de água (parcela K_2) e o custo anual de Operação e Manutenção (O&M) necessário à manutenção e operacionalidade do perímetro irrigado e, conforme a expressão:

$$EF = \frac{K_2 \text{ arrecadado}}{\text{Custo O\&M}} \quad (07)$$

Em que:

EF: indicador de eficiência financeira ($\text{R}\$\text{R}\$^{-1}$);

Custo O&M: custo anual de operação e manutenção do perímetro (R\$);

K_2 arrecadado: recursos arrecadados no perímetro no ano (R\$).

Dá um indicativo da capacidade do perímetro irrigado em gerar os recursos necessários à sua própria manutenção. À medida que este indicador se aproxima de 1,0, o valor do total anual de K_2 arrecadado se aproxima do custo de operação e manutenção. Evidencia ainda que o irrigante possa arcar com o ônus da operação e manutenção do perímetro sem dificuldades. Nesta situação, o nível de organização da comunidade de irrigantes é elevado e a autossustentabilidade estará garantida.

3.2.2.2 Custo de Um Hectare em Produção

Definido como sendo o valor necessário para o Distrito operar e manter um hectare cultivado em produção, ou seja, a despesa anual, da infraestrutura de uso comum, realizada para levar a água necessária para irrigação normal do hectare cultivado, nas condições do Perímetro Irrigado, sendo expresso pela relação entre o custo de O&M pela área cultivada:

$$IHP = \frac{\text{custo O \& M}}{\text{área cultivada}} \quad (08)$$

Em que:

ICHP: indicador do custo de um hectare em produção (R\$ ha⁻¹);

Custo O&M: custo anual de O & M do Perímetro Irrigado (R\$);

Área cultivada: área anual cultivada no perímetro (ha).

Este indicador mostra o quanto custa para manter em operação cada hectare.

3.2.2.3 Percentual da Produção Necessária à O & M

Indica o percentual da produção necessário à operação e manutenção do perímetro irrigado, conforme a seguinte expressão:

$$IVPNM = \frac{O \& M}{VBP} \quad (09)$$

Em que:

IVPNM: percentual do valor bruto da produção necessária à operação e manutenção do perímetro (R\$ R\$⁻¹);

VBP: valor bruto de toda produção do perímetro no ano (R\$);

Custo O&M: custo anual de O & M do perímetro (R\$).

3.2.2.4 Geração de receita por hectare (IGCH)

É definido como a receita bruta anual produzida por um hectare, sendo expresso pela relação do valor bruto da produção (VBP) pela área colhida (AC), conforme a expressão que segue:

$$IGCH = \frac{VBP}{AC} \quad (10)$$

Em que:

IGCH: índice de geração de receita por hectare (R\$ ha⁻¹);

VBP: valor bruto de toda produção do perímetro no ano (R\$);

AC: área colhida (ha).

Informa o quanto se está gerando de receita bruta por hectare. Fornece subsídios para avaliação da assistência técnica prestada aos produtores, tanto no aspecto da produtividade das culturas quanto da comercialização dos produtos. Este indicador permite ainda averiguar problemas como descapitalização de produtores e tomar medidas para reverter o quadro.

3.2.2.5 Produtividade da Água (IPA)

Definido como a relação entre o valor bruto da produção (VBP) de toda atividade de irrigação do perímetro, pelo volume de água total utilizado na irrigação das culturas que geraram a receita. Expresso pela equação a seguir:

$$IPA = \frac{VBP}{\text{volumed' água}} \quad (11)$$

Em que:

IPA: índice de produtividade da água (R\$ m⁻³);

VBP: valor bruto de toda produção do perímetro no ano (R\$).

Importante para verificar se o Perímetro Irrigado promove o uso mais racional da água, obtendo mais renda por m³ utilizado.

3.2.2.6 Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)

Este indicador tem como definição a ocupação anual da terra com culturas no espaço e no tempo, podendo apresentar variação de acordo com o ciclo da cultura explorada. Expresso pela relação:

$$CUT = \frac{\text{Área irrigada}}{\text{Área entregue ao irrigante}} \quad (12)$$

Em que:

CUT: Coeficiente de Utilização da Terra (ha.ha⁻¹);

Área irrigada: Área irrigada no perímetro (ha);

Área entregue ao irrigante: Área total do perímetro que foi entregue ao irrigante (ha).

Importante para determinar a destinação de novos investimentos, incrementando o retorno por real investido.

3.2.2.7 Inadimplência da Tarifa D'Água K_2

Demonstra a capacidade de autossustentabilidade do Perímetro Irrigado e a situação econômica de seus irrigantes. Valores crescentes de inadimplência indicam necessidade de maior atenção ao Distrito de Irrigação e aos irrigantes.

$$Inad K_2 = 1,0 - \left[\frac{K_2 \text{ arrecadado}}{K_2 \text{ devido}} \right] \quad (13)$$

Em que:

$Inad K_2$: Inadimplência da tarifa K_2 no ano (%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação constitui uma ferramenta fundamental para os gerentes dos Distritos de Irrigação, para os irrigantes e a sociedade em geral, tendo em vista os recursos investidos pela União, objetivando atender a demanda da região onde está localizado o Perímetro Irrigado, principalmente quando se trata de avaliar os impactos de fatores ambientais sobre as atividades produtivas e gestão do Perímetro Irrigado, tal como no caso de uma seca, que dependendo de sua intensidade e duração, pode comprometer seriamente o fornecimento de água nos Perímetros Irrigados localizados nas regiões atingidas pelo fenômeno, interferindo no desenvolvimento das culturas e prejudicando a capacidade produtiva das mesmas, fato que reflete diretamente na gestão do Perímetro Irrigado.

4.1 Fornecimento relativo de irrigação

O cálculo do Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) foi realizado em lotes de pequenos produtores em conformidade com as variáveis elencadas na Tabela 3. No sentido de se obter uma maior precisão no volume de água aplicado e demandado pelas culturas optou-se por trabalhar com lotes cultivados com apenas uma cultura, sendo selecionadas as três principais culturas do Perímetro Irrigado: coqueiro, bananeira e goiabeira. No cálculo selecionou-se os meses de agosto, setembro, outubro e novembro para o cálculo do FRI nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Tabela 3 - Dados dos lotes de pequeno produtor do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

Lote	Cultura	Plantio	Área Total	Nº de Plantas Total	Microaspersão	
					Vazão Média Medida em campo	Nº de emissor
		Data			(ha)	(L h ⁻¹)
C 39/4	Coco	19/01/2009	8,0	1.667	40,0	2,0
C 38/2	Banana	03/05/2009	8,0	13.333	40,0	0,25
C181/2	Goiaba	02/06/2008	6,0	2.000	75,0	1,0

Fonte: Sistema SAI (2016).

Nas Tabelas 4, 5 e 6 verificam-se os valores do FRI para os lotes selecionados do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro dos

anos de 2012, 2013 e 2014, cujas variações entre os cultivos podem ser atribuídas aos agricultores irrigantes.

Tabela 4 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 39/4 cultivado com coco no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

Ano	Mês	Leitura do Hidrômetro			Volume d'água / lote		FRI	
	Referência		Data	Valor	Utilizada	Demandada		
2012	Agosto	Anterior	11.08.12	195.435,00	8.642,00	11.413,33	0,76	
		Atual	10.09.12	204.059,00				
	Setembro	Anterior	11.09.12	204.059,00	12.077,00	11.866,67	1,02	
		Atual	10.10.12	216.136,00				
	Outubro	Anterior	11.10.12	216.136,00	10.307,00	10.426,67	0,99	
		Atual	11.11.12	226.443,00				
	Novembro	Anterior	11.11.12	226.443,00	13.693,00	9.880,00	1,39	
		Atual	10.12.12	240.136,00				
	2013	Agosto	Anterior	11.08.13	294.392,00	7.228,00	10.688,89	0,68
			Atual	10.09.13	301.620,00			
Setembro		Anterior	11.09.13	301.620,00	8.026,00	11.973,33	0,67	
		Atual	10.10.13	309.646,00				
Outubro		Anterior	11.10.13	309.646,00	5.745,00	10.640,00	0,54	
		Atual	11.11.13	315.391,00				
Novembro		Anterior	11.11.13	315.391,00	5.751,00	9.846,67	0,58	
		Atual	10.12.13	321.142,00				
2014		Agosto	Anterior	11.08.14	348.018,00	2.696,00	10.973,33	0,25
			Atual	10.09.14	350.714,00			
	Setembro	Anterior	11.09.14	350.714,00	2.081,00	11.600,00	0,18	
		Atual	10.10.14	352.795,00				
	Outubro	Anterior	11.10.14	352.795,00	3.078,00	13.946,67	0,22	
		Atual	10.11.14	355.873,00				
	Novembro	Anterior	11.11.14	355.873,00	4.157,00	11.393,33	0,36	
		Atual	10.12.14	360.030,00				

Fonte: Sistema SAI (2016).

Tabela 5 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 38/2 cultivado com banana no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

Ano	Mês	Leitura do Hidrômetro			Volume d'água / lote		FRI
	Referência	Data	Valor	Utilizada	Demandada		
2012	Agosto	Anterior	11.08.12	531.198,00	18.809,00	15.120,00	1,24
		Atual	10.09.12	550.007,00			
	Setembro	Anterior	11.09.12	550.007,00	13.702,00	15.813,33	0,87
		Atual	10.10.12	563.709,00			
	Outubro	Anterior	11.10.12	563.709,00	16.705,00	13.888,89	1,20
		Atual	11.11.12	580.414,00			
	Novembro	Anterior	11.11.12	580.414,00	8.641,00	13.226,67	0,65
		Atual	10.12.12	589.055,00			
2013	Agosto	Anterior	11.08.13	688.148,00	10.912,00	14.760,00	0,74
		Atual	10.09.13	699.060,00			
	Setembro	Anterior	11.09.13	699.060,00	12.670,00	15.800,00	0,80
		Atual	10.10.13	711.730,00			
	Outubro	Anterior	11.10.13	711.730,00	13.064,00	14.251,11	0,92
		Atual	11.11.13	724.794,00			
	Novembro	Anterior	11.11.13	724.794,00	11.809,00	12.806,67	0,92
		Atual	10.12.13	736.603,00			
2014	Agosto	Anterior	11.08.14	784.873,00	2.451,00	14.951,11	0,16
		Atual	10.09.14	787.324,00			
	Setembro	Anterior	11.09.14	787.324,00	3.176,00	16.786,67	0,19
		Atual	10.10.14	790.500,00			
	Outubro	Anterior	11.10.14	790.500,00	2.337,00	18.560,00	0,13
		Atual	10.11.14	792.837,00			
	Novembro	Anterior	11.11.14	792.837,00	2.496,00	18.473,33	0,14
		Atual	10.12.14	795.333,00			

Fonte: Sistema SAI (2016).

Tabela 6 - Fornecimento Relativo de Irrigação do lote C 181/2 cultivado com goiaba no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

Ano	Mês	Leitura do Hidrômetro			Volume d'água / lote		FRI
	Referência	Data	Valor	Utilizada	Demandada		
2012	Agosto	Anterior	11.08.12	192.510,00	2.525,00	5.895,00	0,43
		Atual	10.09.12	195.035,00			
	Setembro	Anterior	11.09.12	195.035,00	18.575,00	6.195,00	3,00
		Atual	10.10.12	213.610,00			
	Outubro	Anterior	11.10.12	213.610,00	16.805,00	5.380,00	3,12
		Atual	11.11.12	230.415,00			
	Novembro	Anterior	11.11.12	230.415,00	15.080,00	5.165,00	2,92
		Atual	10.12.12	245.495,00			
2013	Agosto	Anterior	11.08.13	285.598,00	2.183,00	5.680,00	0,38
		Atual	10.09.13	287.781,00			
	Setembro	Anterior	11.09.13	287.781,00	10.262,00	6.225,00	1,65
		Atual	10.10.13	298.043,00			
	Outubro	Anterior	11.10.13	298.043,00	9.008,00	5.560,00	1,62
		Atual	11.11.13	307.051,00			
	Novembro	Anterior	11.11.13	307.051,00	9.153,00	4.945,00	1,85
		Atual	10.12.13	316.204,00			
2014	Agosto	Anterior	11.08.14	329.349,00	1.552,00	6.250,00	0,25
		Atual	10.09.14	330.901,00			
	Setembro	Anterior	11.09.14	330.901,00	1.123,00	6.550,00	0,17
		Atual	10.10.14	332.024,00			
	Outubro	Anterior	11.10.14	332.024,00	1.243,00	5.560,00	0,22
		Atual	10.11.14	333.267,00			
	Novembro	Anterior	11.11.14	333.267,00	815,00	5.640,00	0,14
		Atual	10.12.14	334.082,00			

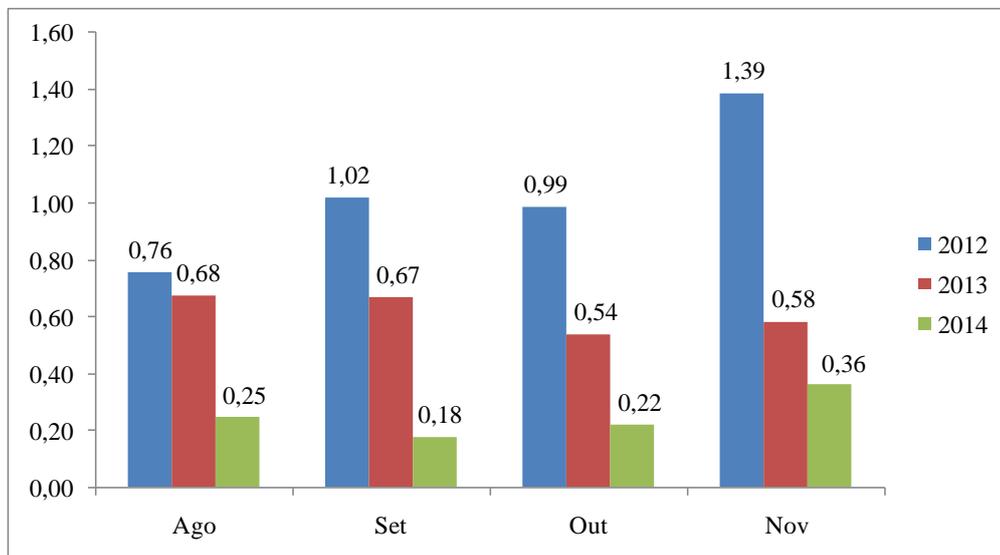
Fonte: Sistema SAI (2016).

De maneira geral observou-se uma queda acentuada na taxa dos valores do indicador de Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) para os meses analisados no período de 2012 a 2014, em especial no lote estabelecido com a cultura da goiabeira. Como o FRI relaciona a quantidade de água utilizada no lote, obtida por meio de leitura mensal no hidrômetro de cada lote, com a demandada através da recomendação do tempo de irrigação calculado pelo software do Serviço de Assessoramento ao Irrigante (SAI), deduz-se que esta variação do FRI indica uma redução no fornecimento de água para os lotes nos anos de 2012 a 2014.

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta, principalmente quando ocorre durante o período de florescimento da cultura, reduzindo assim a capacidade de produção de fitomassa dos cultivos. A intensidade e a frequência do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola.

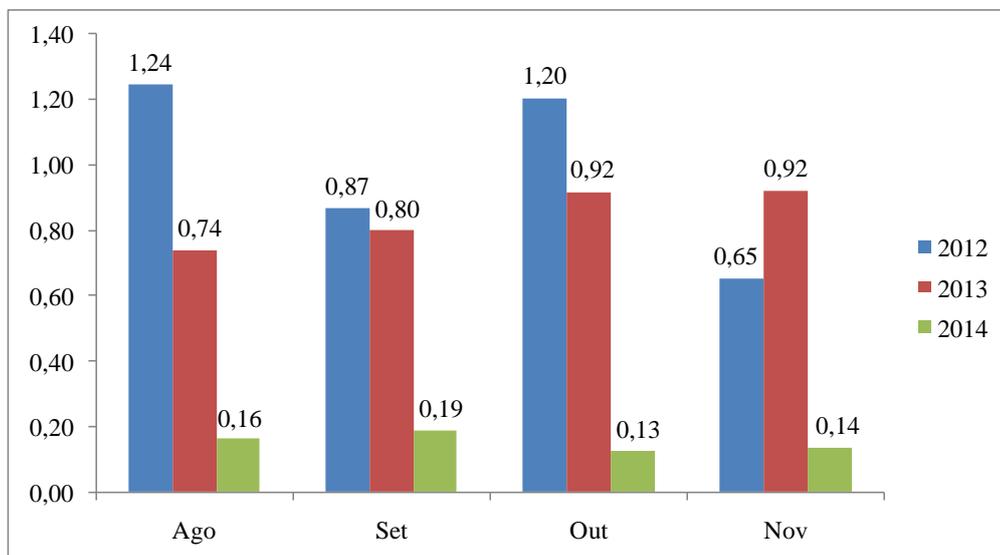
Nas Figuras 8, 9 e 10 se visualizam os comportamentos do FRI no tempo para as culturas do coqueiro, da bananeira e da goiabeira, respectivamente.

Figura 8 - FRI em função do tempo para a cultura do coqueiro.



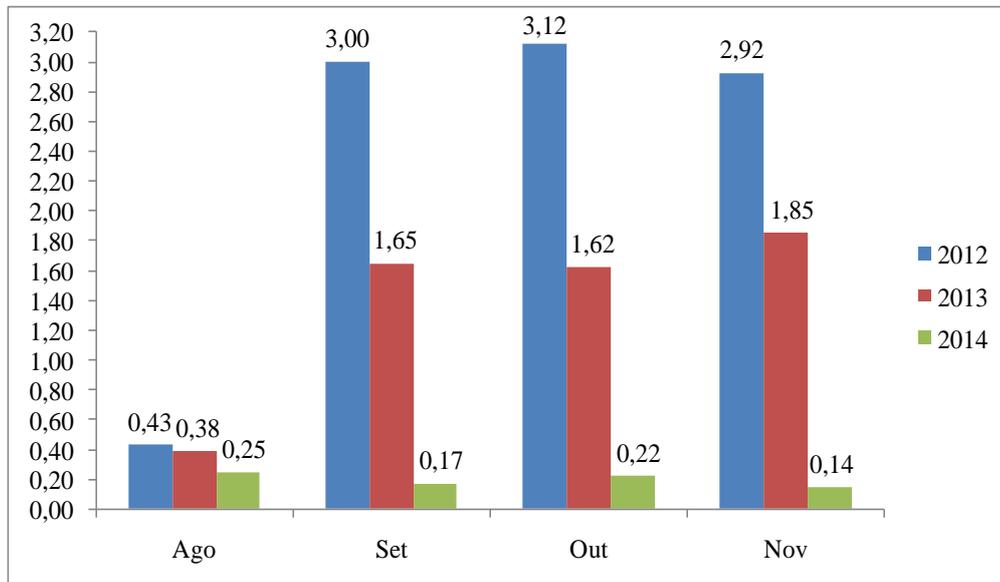
Fonte: Autor (2016).

Figura 9 - FRI em função do tempo para a cultura da bananeira.



Fonte: Autor (2016).

Figura 10 - FRI em função do tempo para a cultura da goiabeira.



Fonte: Autor (2016).

Os valores de FRI demonstram uma maior aplicação de água no ano de 2012 para as culturas, em especial para a cultura da goiabeira, que aplicou nos meses de setembro e outubro um volume de água até três vezes maior do que a demandada cultura calculada pelo software do sistema S@I com base na metodologia do balanço hídrico climatológico. É possível visualizar também, que no ano de 2013, apesar de apresentar queda do FRI, apenas o lote C 181/2 aplicou água acima da recomendação do sistema S@I, com o indicador de 1,65, 1,62 e 1,85, ou seja, 65,62 e 85% a mais que a demanda hídrica da cultura. Ainda em relação ao lote C 181/2, vale destacar o mês de agosto que, apesar de seguir a regra com queda anual no valor do FRI, apresenta um baixo valor do indicador em todos os anos do estudo, se comparado aos demais meses analisados, denunciando uma baixa aplicação de água no mês em questão, fato atribuído ao manejo da cultura adotado pelo irrigante.

Os lotes C 39/4 e C 38/2 já apresentaram, em 2013, irrigação deficitária em todos os meses analisados, com uma redução máxima da demanda hídrica das culturas de 46% no mês de outubro para o lote C 39/4, e de 26% em agosto para o lote C 38/2, fato que se agrava ainda mais para o ano de 2014, onde os três lotes apresentaram déficit na irrigação atingindo valores máximos de 82% no coco, 87% na banana e 86% na goiaba. Esta redução no Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) de 2012 para 2014 é também reflexo das precipitações abaixo da média anual desde 2011 acumulando quatro anos com pouca recarga hídrica no reservatório do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú.

Os efeitos da redução do fornecimento de água no Dibau, em 2014, foram expressos pelas culturas com uma redução da produtividade naquele ano. Conforme informações do Dibau (2016) a produtividade das principais culturas do Perímetro Irrigado apresentaram reduções de 1.136,64 e 600 kg/ha para banana e goiaba, respectivamente, e de 1.384,36 Unidade/ha no caso do coco.

Estes resultados demonstram a importância do indicador para a gestão do Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, na busca da sustentabilidade hídrica, permitindo identificar os agricultores que utilizam água em excesso ou déficit, ou seja, sem levar em conta princípios técnicos. Permite ainda que se realizem campanhas de conscientização quanto ao uso racional da água, bem como que se estabeleçam estratégias de cobrança pelo uso da água, além de bônus aos irrigantes que praticam um manejo racional da irrigação.

Vale destacar ainda que os valores do FRI calculados pelo software S@I, apesar de acompanharem a tendência de queda apresentada no trabalho, para os meses analisados nos anos de 2012, 2013 e 2014, estes diferem dos valores calculados no estudo. Este fato deve-se a diferença na forma de calcular o “volume de água requerido”, pois o S@I utiliza o somatório das lâminas de irrigação requeridas pela cultura, calculadas pelo software para o período em questão, levando em conta a área total do lote (8,0 ha) para transformar esta lâmina total requerida de milímetro para volume de água aplicada em metro cúbico. No entanto, é importante ressaltar que os lotes analisados neste trabalho, assim como os da maioria dos produtores do Dibau, utilizam sistemas de irrigação localizada, caracterizados por aplicarem água de forma pontual, em uma determinada área do solo, próxima ao sistema radicular da planta. Sendo assim, a metodologia de cálculo do FRI utilizada neste trabalho, que relaciona o volume de água aplicado pelo emissor medido no campo, com o tempo de irrigação calculado e fornecido pelo S@I, é mais indicada para obter o “volume de água requerido” em sistemas de irrigação localizada, que o modelo atual utilizado pelo software S@I para o cálculo do indicador FRI.

4.2 Indicadores de desempenho do distrito de irrigação

As variáveis utilizadas nos cálculos dos indicadores de desempenho constam na Tabela 7. É importante destacar que os dados utilizados foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e ao Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú.

Tabela 7 - Variáveis para o cálculo dos Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Variáveis	Ano		
	2012	2013	2014
Custo de O & M (R\$)	2.932.898,22	2.932.898,22	4.478.809,13
Volume de água (m ³)	51.783.969,60	46.278.136,80	28.768.994,00
Tarifa K ₂ devida (R\$)	2.086.058,25	2.284.506,24	4.556.317,50
Tarifa K ₂ arrecadada (R\$)	1.450.557,40	1.639.863,00	3.161.106,19
Área entregue ao irrigante (ha)	8.355,00	8.355,00	8.438,61
Área cultivada (ha)	4.966,21	5.170,73	3.825,75
Área irrigada (ha)	4.941,50	5.145,00	3.786,00
Área colhida (ha)	2.942,50	3.202,00	2.714,50
VBP (R\$)	28.499.350,00	48.605.296,50	47.172.800,00

Fonte: Dnocs (2016).

Na Tabela 7 verifica-se uma redução no volume anual de água fornecido aos irrigantes, em 2014, como resultado das providências tomadas pelo Dibau para o racionamento de água iniciado naquele ano. Merece destaque ainda o aumento nos custos de O & M em 2014, tendo como principais fatores o aumento da tarifa de energia elétrica, as despesas com salários, os custos com manutenção de equipamentos e de obras e redes, conforme apresentado na Tabela 8. Fatores estes que obrigaram a gestão do Distrito de Irrigação aumentar a tarifa mensal de água K₂ fixa em R\$ 2,00 e a variável em R\$ 1,00/1000m³ para fazer frente a este aumento nos custos.

Tabela 8 - Principais Custos de O & M do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) nos anos de 2012, 2013 e 2014 em (R\$).

Descritivo	Ano					
	2012		2013		2014	
	Operação	Manutenção	Operação	Manutenção	Operação	Manutenção
Energia	553.910,48		391.858,35		597.207,02	
Salários	349.209,80	169.092,24	447.472,11	226.825,51	623.905,55	307.838,03
Equipamentos e Veículos	237.783,20		317.108,00		454.064,38	
Obras e Redes	740.329,54		598.539,00		1.001.512,90	

Fonte: Dnocs (2016).

Outro ponto a ser destacado é o valor bruto da produção que, apesar da redução na área colhida em 2014, praticamente não variou apresentando um pequeno decréscimo se comparado ao ano anterior. Atribui-se este comportamento ao aumento nos preços dos produtos comercializados, como exemplo a elevação de R\$0,10 no preço da unidade do coco e no quilo da banana.

4.2.1 Eficiência Financeira (EF)

A Tabela 9 apresenta os valores do indicador de Eficiência Financeira para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Tabela 9 - Indicador de Eficiência Financeira para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
Tarifa K ₂ arrecadada (R\$)	1.450.557,40	1.639.863,00	3.161.106,00
Custo de O & M (R\$)	2.932.898,22	2.932.898,22	4.478.809,13
Eficiência Financeira (R\$.R\$ ⁻¹)	0,49	0,56	0,71

Fonte: Dnocs (2016).

O crescimento anual do indicador Eficiência Financeira (EF) é de extrema importância para a gestão do Distrito de Irrigação na elaboração do plano anual de trabalho, uma vez que o mesmo expressa o balanço entre os custos de operação e manutenção e a arrecadação através da tarifa d'água K₂ do Distrito de Irrigação. Ainda, sinaliza que o Distrito está caminhando para um processo de autogestão, porquanto está reduzindo a necessidade de aporte de recursos financeiros externos.

Nos anos de 2012 e 2013 os custos com operação e manutenção permaneceram os mesmos sendo a arrecadação da tarifa K₂ responsável pelo aumento no valor do indicador em 2013 em relação a 2012. Apesar de uma redução no volume de água total bombeado pela estação principal do perímetro no ano de 2013, a arrecadação da tarifa K₂ cresceu, fato este provocado pela redução na inadimplência que em 2013 foi de 28,0%, e em 2012 ficou na casa dos 30%.

Já em 2014 o crescimento observado na arrecadação com a tarifa d'água K₂, ocorre em valores bem mais expressivos se comparado aos anos anteriores, o mesmo acontece em

relação aos custos de operação e manutenção daquele ano. As variações anuais nos valores citados são expressas por meio do indicador de Eficiência Financeira (EF), que apresentou uma taxa de crescimento acima de 21,15% de 2013 para 2014.

Observa-se que os valores do indicador ficaram sempre abaixo do desejado, tendo em vista que se almejam valores acima ou mais próximos possível de 1,0. Desta forma, os valores do indicador, para o período de 2012 a 2014, demonstram para a gestão do Distrito de Irrigação, que do significativo incremento no ano de 2014, ainda não conseguiu atingir o equilíbrio entre as despesas (custo de operação e manutenção) e as receitas (K_2 arrecadado), apontando para a necessidade de melhorias para atingir a sustentabilidade financeira na busca da autogestão.

É importante lembrar que, devido ao acumulado de quatro anos com as precipitações abaixo da média anual para região, e a capacidade de armazenamento nos reservatórios que abastece o perímetro abaixo de 50% (Cogerh, 2014), foram adotadas providências em 2014, objetivando o racionamento de água no perímetro.

Este contexto foi expresso pelo indicador de Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI), considerando que o valor 1,0 é o ideal para o FRI, e valores abaixo de 1,0 indicam fornecimento de água inferior à requerida pela cultura. Observam-se nos três lotes, cujos cultivos representam as maiores áreas irrigadas, uma redução acentuada nos valores do FRI no período, demonstrando assim a importância do FRI como ferramenta estratégica para a gestão de água no Perímetro Irrigado.

O aumento na tarifa mensal de água K_2 , de R\$ 2,00 por Hectare na tarifa fixa e de R\$ 1,00 na variável passando de R\$ 8,00/1000m³ para R\$ 9,00/1000m³ de água, em 2014 (Dnocs, 2016) foi providencial e necessário, tendo em vista a redução no volume de água bombeado de 62,12%, passando de 46.278.136,80 m³ em 2013 para 28.768.994,00 m³ em 2014 (Dnocs, 2016), imposta pela necessidade de racionamento.

Outro ponto importante a ser destacado foi o aumento do custo de operação e manutenção no ano de 2014, que pressionou para baixo o valor do indicador de Eficiência Financeira não permitindo um melhor desempenho financeiro da gestão do Distrito de Irrigação.

Assim, o comportamento de crescimento do indicador de Eficiência Financeira em 2014, pode estar relacionado a uma melhoria na eficiência da gestão do Distrito de Irrigação, uma vez que, apesar da elevada taxa de inadimplência, não foi verificado um crescimento significativo da inadimplência no ano em questão, mesmo com todo o contexto adverso de racionamento por parte da gestão.

Segundo Diógenes (2008), no cenário em que não ocorra inadimplência na tarifa mensal de água K_2 , a Gerência do Distrito pode, a partir deste indicador, ajustar as despesas de administração, operação e manutenção ao seu nível de custo médio, buscando uma alternativa racional de conduzir e controlar as despesas extras, ou alternativamente, em consonância com os produtores promover um incremento médio na tarifa mensal de água K_2 , tomando como base o resultado deste indicador. Por outro lado, caso a tarifa de inadimplência seja igual ou maior a 10%, tal fato demonstra que os problemas não estão relacionados aos custos de O & M do Perímetro, tal como ocorre no Dibau.

O custo de O & M constitui numa das principais variáveis para avaliação de um Perímetro Irrigado, visto que esta variável faz parte do cálculo do indicador de Eficiência Financeira (EF) e de outros indicadores, como o Custo de um Hectare em Produção e o Valor da Produção Necessária para cobrir os custos de O & M.

Deste modo, para que um Perímetro de Irrigação alcance sua autossuficiência financeira, dentre outros fatores é de fundamental importância que o mesmo possua um Distrito de Irrigação administrativamente organizado, que cumpra o seu objetivo de gerenciar, manter e operar a infraestrutura de uso comum, além de atender suas metas definidas pelos Conselhos de seus Associados, e fazer cumprir seus regimentos internos, nos quais devem contemplar regras que permitam o controle efetivo de pagamento da tarifa de água pelos usuários.

4.2.2 Custo de Um Hectare em Produção

Este indicador expressa o custo da infraestrutura de uso comum para manter um hectare em produção no perímetro irrigado. Na Tabela 10 verifica-se um crescimento expressivo no valor do indicador no ano de 2014, atribuído ao crescimento no custo de O & M e redução na área cultivada daquele ano.

Tabela 10 - Custo de Um Hectare em Produção para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
Custo de O & M (R\$)	2.932.898,22	2.932.898,22	4.478.809,13
Área cultivada (ha)	4.966,21	5.170,73	3.825,75
Custo de 1,0 ha em Produção (R\$.ha ⁻¹)	590,57	567,21	1.170,70

Fonte: Dnocs (2016).

Verifica-se que nos anos de 2012 e 2013 o valor do indicador praticamente se manteve constante. A pequena melhoria no desempenho observada neste período se deve ao aumento da área cultivada no ano de 2013, em relação ao ano anterior, já que o custo de O & M, naqueles anos, permaneceu constante.

No ano de 2014 se verificou um aumento acentuado no valor do indicador expressando uma queda no desempenho, ou seja, o custo médio, por parte do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, necessário para manter um hectare em produção foi de R\$ 1.170,70 (hum mil cento e setenta reais e setenta centavos). Considerando que em 2014 o custo de operação e manutenção foi o mais elevado do período em estudo, com R\$ 4.478.809,13, e o valor anual arrecadado com a tarifa mensal K2 ficou em R\$ 3.161.106,19, naquele ano, percebe-se um déficit de aproximadamente 29,0% em relação ao montante necessário para manter um Hectare em produção. O crescente valor do custo de O & M pode estar relacionado com a vida útil dos equipamentos, havendo, portanto a necessidade de manutenção com maior frequência no decorrer dos anos.

No entanto, a queda acentuada na área irrigada também contribuiu negativamente para a elevação deste indicador. Este fato já era previsto, pois uma das providências tomada pela gestão para o racionamento d'água foi de inibir a implantação de novos cultivos. Sendo assim, o uso do FRI permite o acompanhamento no cumprimento desta determinação, pois a ampliação de áreas cultivadas irá também proporcionar em aumento na necessidade de água.

A partir deste indicador pode-se avaliar a qualidade dos serviços de operação e manutenção do Perímetro, considerando que quanto mais eficiente for a O & M, menor será o custo para manter um hectare em produção, numa condição de não racionamento de água.

4.2.3 Percentual da Produção Necessária a O & M

Na Tabela 11 estão contidos os dados utilizados no cálculo do Percentual da Produção Necessária a O & M, bem como os valores deste indicador de desempenho para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú.

Tabela 11 - Percentual da Produção Necessária a O & M para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
Custo de O & M (R\$)	2.932.898,22	2.932.898,22	4.478.809,13
VBP (R\$)	28.499.350,00	48.605.296,50	47.172.800,00
Percentual da Produção Necessária a O & M (R\$. R\$ ⁻¹)	0,10	0,06	0,09

Fonte: Dnocs (2016).

Este indicador associa o desempenho dos irrigantes em suas atividades produtivas, com a gestão administrativa do Distrito de Irrigação, ao relacionar o Valor Bruto da Produção com o controle do custo de O & M.

Observa-se que no ano de 2012 o valor do indicador foi de 0,10, ou seja, foram necessários quase 10 % de toda a receita gerada no Perímetro para cobrir as despesas de O & M. O indicador demonstra ainda que, no ano de 2013, o valor total da produção do Perímetro, ou seja, a receita bruta foi 16,5 vezes maior que o custo de O & M. Deste modo, verifica-se que este indicador é sensivelmente influenciado pela comercialização da produção, ou seja, em um cenário de custo de O & M estabilizado, quanto maior o VBP menor será o valor deste indicador, associando a importância do sucesso do produtor em suas atividades, com o desempenho administrativo na gestão do Distrito de Irrigação.

No período em análise, a comercialização da produção influenciou de forma negativa no valor deste indicador, tendo em vista que no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, os pequenos produtores (agricultores familiares) constitui a maioria e respondem pelo maior volume na produção, no entanto, escoam seus produtos através de intermediários. Para minimizar este problema é muito importante que a administração do Distrito incentive o associativismo, com compras de insumos e venda dos produtos de forma coletiva. Vale destacar que no Dibau foram construídos “Packing House” para uso coletivo dos seus irrigantes. A falta de Assistência Técnica aos agricultores familiares, que não ocorre no Perímetro desde 2007, é outro fator importante que influencia de forma negativa nos valores deste indicador.

Porém, a crise hídrica pela qual passava o Perímetro no período do estudo, levando adoção de ações para racionamento da água, influenciou de forma significativa para os resultados negativos do Indicador Percentual da Produção Necessária a O & M, para o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, visto que a intensidade e a frequência do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola.

4.2.4 Geração de Receita por Hectare

A Tabela 12 apresenta os valores deste indicador obtidos para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú no período de 2012 a 2014, e os dados utilizados no seu cálculo.

Tabela 12 - Geração de Receita por Hectare para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
VBP (R\$)	28.499.350,00	48.605.296,50	47.172.800,00
Área colhida (ha)	2.942,50	3.202,00	2.714,50
Geração de Receita por Hectare (R\$.ha ⁻¹)	9.685,42	15.179,67	17.378,08

Fonte: Dnocs (2016).

O referido indicador tem forte associação com o valor bruto da produção. Observa-se um crescimento no valor do indicador ocorrendo no ano de 2014, o melhor desempenho no Distrito de Irrigação, em relação à receita gerada por Hectare para o período em estudo, apesar da redução na área colhida daquele ano.

O baixo VBP de 2012 quando comparado aos valores de 2013 e 2014, pode ser atribuído a queda na qualidade dos produtos decorrentes da fraca quadra chuvosa de 2012, que atingiu índice pluviométrico inferior a 300 mm, influenciando negativamente no valor do indicador Geração de Receita por Hectare daquele ano.

Outros fatores como o aumento da área colhida e uma melhoria na eficiência do processo de produção, ou seja, na produtividade também podem ter contribuído para o crescimento de 48% no valor do indicador em 2013 com relação ao ano anterior. Somente para ilustrar a produtividade do coqueiro, cultura mais expressiva em área plantada no perímetro, passou de 2.700 para 3.000 unidades por hectare.

Já no ano de 2014, apesar de uma redução na área colhida, verifica-se um aumento significativo no valor anual do indicador deste ano. Este fato pode estar relacionado ao período de racionamento pelo qual passava o perímetro naquele ano. A escassez hídrica reflete diretamente de forma negativa no desempenho da produção agrícola, um exemplo a ser destacada a cultura do coco que teve sua produtividade reduzida para aproximadamente 1.600,0 unidades por Hectare. Este fator também colabora para o aumento nos preços

praticados, permanecendo o exemplo do coco onde o preço do passou de R\$0,40, nos anos anteriores, para R\$0,50 em 2014.

Este indicador é de fundamental importância, pois fornece subsídios para avaliar o desempenho dos produtores na comercialização de sua produção, ao relacionar o VBP com a área colhida.

4.2.5 Produtividade da Água

Na Tabela 13 constam os valores do indicador Produtividade da Água obtidos para o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú no período de 2012 a 2014, bem como os dados utilizados no seu cálculo.

Tabela 13 - Produtividade da Água para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
VBP (R\$)	28.499.350,00	48.605.296,50	47.172.800,00
Volume de água (m ³)	51.783.969,60	46.278.136,80	28.768.994,00
Produtividade da Água - IPA (R\$.m ⁻³)	0,55	1,05	1,64

Fonte: Dnocs (2016).

De acordo com Playán e Mateos (2006), a produtividade da água pode ser expressa pela relação entre a produção agrícola por unidade de volume de água, podendo a produção agrícola ser expressa em termos de produtividade da cultura (kg ha⁻¹) ou em unidades monetárias (R\$ m⁻³).

Este indicador está associado à utilização racional da água como fator de produção, conseqüentemente, geração de receita bruta por unidade de volume de água utilizado. Representa uma importante ferramenta de análise do Perímetro Irrigado ao longo do tempo, para identificar a eficiência de utilização da água, ou ainda, comparar o desempenho entre os Perímetros Irrigados.

Quanto maior o valor do Indicador de Produtividade da Água melhor é a eficiência na utilização do recurso água no processo produtivo. Observa-se um crescimento no valor deste indicador, tendo atingido 1,64 no ano de 2014, seu maior valor no período em estudo. Significa que para cada 1,0 m³ de água utilizada no Perímetro foi gerada uma receita bruta de R\$ 1,64 em 2014.

O maior valor observado em 2014 está associado ao crescimento do VBP. No entanto, em 2014 o Perímetro vivenciava sérias restrições hídricas, culminando na implantação de ações para o racionamento d'água. O crescimento no valor do indicador expressa o uso mais racional da água, elevando a eficiência do sistema para obter mais renda por m³ utilizado. A gestão do Distrito de Irrigação pode acompanhar o consumo da água de forma individualizada, ou seja, de cada irrigante através do FRI.

Um incremento na produtividade da água constitui num avanço de muita relevância em um perímetro irrigado, criando condições para reduzir a inadimplência no pagamento da tarifa mensal de água K₂ e, assim contribuir para que o Distrito de Irrigação possa desempenhar a contento sua função de manutenção e operação na infraestrutura de uso comum.

4.2.6 Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)

A Tabela 14 apresenta os valores referentes ao Coeficiente de Utilização da Terra (CUT) do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú para o período compreendido entre 2012 a 2014.

Tabela 14 - Coeficiente de Utilização da Terra para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
Área irrigada (ha)	4.941,50	5.145,00	3.786,00
Área entregue ao irrigante (ha)	8.355,00	8.355,00	8.438,61
Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)	0,59	0,62	0,45

Fonte: Dnocs (2016).

Percebe-se uma variação da área entregue no ano de 2014, este fato se deve ao início da ocupação da segunda etapa do perímetro. Não obstante, neste mesmo ano, verificou-se uma redução na área irrigada.

A variação observada nos valores de CUT entre os anos de 2012 e 2013 deve-se ao aumento da área irrigada em 2013, já que a área entregue permaneceu constante nestes anos.

Verifica-se uma oscilação no Coeficiente de Utilização da Terra (CUT), com destaque para o ano de 2014, pois, apesar do aumento na área entregue ocorre uma diminuição significativa da área irrigada, fato expresso pela redução no valor do indicador. Este comportamento deve está associado aos efeitos da escassez hídrica, que já acumulava três

anos, com precipitações abaixo da média anual para a Região. Vale destacar que a variação na área irrigada também pode ser acompanhada através do FRI, pela gestão do Distrito de Irrigação.

4.2.7 Inadimplência da Tarifa D'Água K₂

Este Indicador demonstra a capacidade de autossustentabilidade do Perímetro Irrigado e a situação econômica de seus irrigantes. Valores crescentes de inadimplência indicam necessidade de maior atenção ao Distrito de Irrigação e aos irrigantes. A tarifa mensal d'água K₂ correspondente ao valor das despesas de administração, operação, conservação e manutenção da infraestrutura de uso comum.

A Tabela 15 apresenta os valores anuais de K₂ devido e arrecadado do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú no período de 2012 a 2014.

Tabela 15 - Cálculo da Inadimplência da Tarifa D'Água K₂ para o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú nos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	2012	2013	2014
Tarifa K ₂ devida (R\$)	2.086.058,25	2.284.506,24	4.556.317,50
Tarifa K ₂ arrecadada (R\$)	1.450.557,40	1.639.863,00	3.161.106,19
Inadimplência da Tarifa K ₂ (%)	0,30	0,28	0,31

Fonte: Dnocs (2016).

Os valores definidos em assembléia pela Associação de Produtores do Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú para tarifa de K_{2.1} são R\$ 19,00/ha para pequenos produtores e técnicos, e, R\$ 22,00/há para empresários nos anos de 2012 e 2013, com aumento de R\$2,00/há para as duas categorias em 2014. Já a tarifa de K_{2.2} passou de R\$8,00/m³ em 2012 e 2013, para R\$9,00/m³ em 2014. Estes aumentos foram necessários devido à séria situação de restrição hídrica pela qual passava o Perímetro neste período, objetivando um equilíbrio da receita tendo em vista a redução no volume de água disponível aos irrigantes e também fazer frente a um aumento de 34,5% no Custo de Operação e Manutenção do Perímetro em 2014 comparado ao ano anterior.

Considera-se que o Perímetro atinge seu equilíbrio financeiro quando não necessita mais de recursos do Governo para o seu funcionamento, conseguindo manter seus

compromissos em dia, inclusive o pagamento da parcela da tarifa K_1 , que é tarifa de amortização do investimento feito pelo Governo no projeto.

Verifica-se pouca variação na taxa de inadimplência da tarifa, a qual é considerada muito elevada. Os fatores que contribuíram para o aumento da arrecadação em 2014 foram o aumento de R\$2,00 e R\$1,00 nos valores das tarifas de K_2 fixa e variável respectivamente. O indicador expressa que apesar das dificuldades enfrentadas pelo Perímetro durante o período de escassez hídrica a administração tem conseguido manter o nível de arrecadação, o que também pode ser atribuído ao crescimento no Valor Bruto da Produção (VBP) devido ao aumento nos preços dos produtos.

O crescimento no valor do indicador expressa o uso mais racional da água, elevando a eficiência do sistema para obter mais renda por m^3 utilizado. A gestão do Distrito de Irrigação pode acompanhar o consumo da água de forma individualizada, ou seja, de cada irrigante através do FRI.

5 CONCLUSÕES

O Fornecimento Relativo de Irrigação apresentou uma queda anual refletindo os efeitos acumulativos da escassez hídrica no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, não obstante do ponto de vista financeiro perceber-se uma evolução na gestão do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú. Especificamente, em 2014, foi importante como instrumento auxiliar na tomada de decisão, permitindo um equilíbrio na gestão em meio à crise hídrica.

A elevação na produtividade da água e o aumento nos preços dos produtos foram fatores que contribuíram de forma positiva. O indicador Fornecimento Relativo de Irrigação do sistema SAI auxiliou na gestão do Dibau no sentido de identificar os agricultores que utilizam água sem princípios técnicos, em excesso ou déficit, fato que prejudica o desempenho dos cultivos, refletindo negativamente no desempenho financeiro do Distrito.

Apesar da evolução no indicador Eficiência Financeira, o Distrito ainda carece de ajustes administrativos para atingir a autogestão, tendo em vista o elevado custo de O & M, o aumento no custo para o Dibau manter Um Hectare em produção, além da taxa de inadimplência da tarifa K_2 , considerada muito elevada.

O cenário de escassez hídrica prolongada e, portanto, a não garantia de segurança hídrica, certamente provocará nos investidores um grau de desconfiança, que associado à construção da 2ª. Etapa do Perímetro Irrigado levará o Distrito de Irrigação para uma condição de maior distanciamento da meta de atingir sua emancipação financeira e administrativa.

REFERÊNCIAS

- ADECE. **Perfil da Produção de Frutas Brasil Ceará 2013**. Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br/index.php/downloads/category/10-agronegocios>>. Acesso em: 13 fev. 2017.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage**. Paper 56. FAO, Rome, Italy, 1998.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. **Aspectos conceituais do uso eficiente da água na agricultura**. Simpósio nacional sobre o uso da água na agricultura. Passo Fundo – RS – 27 a 30 set. 2004.
- ALBUQUERQUE, J. A. **Avaliação do programa de transferência da gestão em perímetros públicos de irrigação: o caso de morada nova**. (Dissertação de Mestrado). 2008, 94p.
- ANDRADE, C.L.T. **Seleção do sistema de irrigação. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001**. 18p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 14).
- ARAÚJO, C. A. B; **Avaliação do perímetro irrigado cruzeta (NR), através do uso intensivo de água para irrigação**. Mestrado em recursos hídricos e saneamento ambiental. Natal, RN – 2007.
- ARAÚJO, S. M. S. **A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos**. Revista Rios Eletrônica - Fasete, Paulo Afonso, BA, a. 5, n. 5, dez. 2011.
- ARAÚJO, P. P.; ARAGÃO, K. **Os Perímetros Irrigados do Ceará: Os Grandes Projetos de Irrigação têm Impacto Sobre a Renda Local?** XXXVII Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Administração (Anpad). Rio de Janeiro – RJ – 07 a 11 set. 2013.
- BANCO MUNDIAL. **Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-Árido Brasileiro**. 1ª Ed. Brasília, 2004.
- BACIA DO ACARAÚ. Funceme. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/municipios/chuvas-diarias>>. Acesso em: 28 dez. 2016.
- BERNARDO, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.
- BOS, M.G.; MURRAY-RUST, D.H.; MERREY, D.J.; JOHNSON, H.G.; SNELLEN, W. **Methodologies for Assessing Performance of Irrigation and Drainage Management. Irrigation and Drainage Systems**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, v. 7, n. 4, p. 231-261. 1993.

BRASIL, Ministério do Meio-Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). Cadernos de recursos hídricos 1 **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional/Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **A irrigação no Brasil: situação e Diretrizes**. Brasília, DF, 2008.

BRASIL, Ministério do Meio-Ambiente. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Cgee) / Agência Nacional de Águas (ANA). **A Questão da Água no Nordeste**, Brasília, DF, 2012.

BRASIL, Ministério do Meio-Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA) **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/sprtew/recursos_hidricos.asp> Acesso em: 06 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Desafios para a transferência de gestão dos perímetros públicos de irrigação - proposta para a efetiva emancipação**. Brasília, DF, 2014.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação por aspersão**. Dourados, MS: Editora da UFGD, ISBN 978-85-61228-35-4, 134p. 2009.

BRITO, R. A. L.; BASTINGS, I.W.A.; BORTOLOZZO, A.R. **The Paracatu/Entre-Ribeiros irrigation scheme in Southeastern Brazil. Irrigation and drainage systems**. Netherlands, v.17, p.285-303, 2003.

CODEVASF. **Programas e ações**. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes>. Acesso em: 16 nov. 2016.

COGERH. **Relatório da 33ª reunião ordinária do Comitê de Bacias Hidrográfica do Acaraú. Sobral**, 2014. 8 p.

COSTA, R. N. T.; OLIVEIRA, V. R. de; ARAÚJO, D. F. de. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Cap 4. Planejamento, gerenciamento e uso racional de águas em perímetros públicos de irrigação. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.88-110.

COSTA, R. N. T.; SOUZA, F. **Irrigação por Superfície**. In *Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe*. Fortaleza: Embrapa, 1.ed. 2006.

COSTA, R. N. T. **Drenagem Agrícola** (Apostila), Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, 2008.

CRUZ, J. S. **Utilização do sistema S@I como ferramenta administrativa no uso de água no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú – Dibau**. Especialização em Agricultura Irrigada e Meio Ambiente, Fatec, Juazeiro do Norte, 2015.

DIÓGENES, F. C. A. **Indicadores de desempenho para o perímetro irrigado de brumado na perspectiva de sua autogestão**. Mestrado em engenharia agrícola, UFC. Fortaleza, CE – 2008.

DNOCS, **Perímetro Irrigado Baixo Acaraú**. Disponível em:

<http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html>.

Acesso em: 13 jan. 2016.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**.

Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).

DOURADO, A.; FREIRE JUNIOR, E.; MACHADO, F. O. C.; et.al. **Perímetros públicos de irrigação: Proposta para o modelo de transferência de gestão**. MBA/FUNDACE. Brasília: 2006.72p.

EFFERTZ, R.; OLSON, D. C.; VISSIA, R.; ARRUNATEGUI, H. Operação e manutenção de projetos de irrigação. **Manual de irrigação**. Brasília: Secretaria de Irrigação, v.4, 1993. 490p.

FERREIRA, V. M; **Irrigação e Drenagem**. Técnico Agropecuária. ISBN 978-85-7463-441-8 . 126 p. : il. Floriano, PI: EDUFPI, 2011.

FILHO, N. V.; FARIA, A. L.; WERNER, S. M. M; FRAGA, P. S. **Elaboração de minuta de novo instrumento a ser firmado com os distritos de irrigação em atendimento às recomendações da Controladoria Geral da União (CGU)**. Brasília: CODEVASF, 2004. 14 p. Relatório da Decisão nº 662/2004.

FRANÇA (a), F. M. C. (coord.) **A importância do agronegócio da irrigação para o desenvolvimento do Nordeste. Políticas e estratégias para um Novo Modelo de Irrigação**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2001, v. 1, 114 p.

FRIZZONE, J. A. **Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 24–49, dez. 2007.

FRIZZONE, J. A., **Eficiência da irrigação e produtividade da água: Possibilidades técnicas e econômicas**. São Paulo: ESALQ/USP, 2010.

FRIZZONE, J. A., **Eficiência e uniformidade da irrigação: Possibilidades técnicas e econômicas para melhorias**. Irrigação da conservação de água e solo à sustentabilidade com vistas à autogestão – INOVAGRI, Fortaleza, p. 35-82, 2014.

GONÇALVES, F. M. **Ferramentas para análise de autogestão e sustentabilidade do uso da água em perímetros irrigados**. Doutorado em engenharia agrícola, UFC, Fortaleza, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Critérios para Geração de Indicadores da Qualidade e Produtividade no Serviço Público. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade**. Brasília, 1991.

JALES, J. V. **Análise da sustentabilidade do perímetro irrigado Baixo Acaraú, no estado do ceará**. 48º Congresso SOBER, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande, MS - 25 a 28 jul. 2010.

LACERDA, C. F; **Relações solo-água-plantas em ambientes naturais e agrícolas do nordeste brasileiro.** Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife – Pernambuco, dez. 2007.

LIRA, J. V.; MOURÃO JÚNIOR, F.; SOUSA, A. E. C.; LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; VIANA, J. M. **Auditoria de Desempenho de Sistemas de Irrigação I: A experiência inicial do Serviço de Assessoramento ao Irrigante – SAI, no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.5, p. 265-271, 2011.

LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; SOUSA, A. E. C.; JÚNIOR, J. A. B.; FERREIRA, R. P.; GARCIA, D. R. **Aplicação da tecnologia da informação e a adoção pelo agricultor: a avaliação inicial do envio de mensagens pelo serviço de assessoramento ao irrigante.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, n.4, p.314–328, 2012.

LIMA, S. C. R. V.; SOUZA, F.; FRIZZONE, J. A.; CAMARGO, D. C.; JÚNIOR, J. A. B.; NASCIMENTO, A. K. S. **Desempenho do sistema de assessoramento ao irrigante – s@i para a gestão da água em áreas irrigadas: benefícios aos irrigantes e ao distrito.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.9, nº.1, p. 1 - 13 , 2015.

LOPES, A. P. **Mudanças climáticas globais e estresses abióticos em sementes e plântulas de abóbora.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, 2012.

MAIER, L. M. O. **A nova política nacional de irrigação sob o paradigma do estado subsidiário.** Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/cj043590.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

MODEN, D. J.; SAKTHIVADIVEL, R.; PERRY, C. J.; et al. **Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems.** Colombo, Sri Lanka: **International Irrigation Management Institute (IIMI)**, 1998. 26p. Research Report, n.20 Smith, M. Report on the expert consultation on revision.

OLIVEIRA, F. (Coord.). **Relatório do Grupo de Trabalho Designado pela Determinação nº 025/2004** do Diretor da Área de Produção. Brasília: CODEVASF. 2004. 37 p.

ORTEGA, J. F.; DE JUAN, J. A.; TARJUELO, J. M. Improving water management: The irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain). **Agricultural Water Management**, v. 77, p. 37–58, 2005.

PLAYÁN, E.; MATEOS, L. **Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity.** Agricultural water management, v.80, e.1-3, p.110-116, 2006.

PEREIRA, A. W. R. **Transferência de Gestão da Irrigação: Um Estudo no Perímetro Irrigado de São Gonçalo/PB.** REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e sustentabilidade ISSN: 2237-3667, Vol. 5, n. 2, p.85-103, 2015.

SANTANA, E. W. **Caderno regional da bacia do Acaraú / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembléia Legislativa do Estado do Ceará;** (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas, v. 1) 128p. Fortaleza : INESP, 2009.

- SECKLER, D.; MOLDEN, D.; SAKTHIVADIVEL, R. **The concept of efficiency in water-resources management and policy.** In: KIJNE, J.W. et al. (eds.). *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement.* Sri Lanka: CABI Publishing/IWMI. v.1, 2003. p. 37-51.
- SMALL, L.; SVENDSEN, M. **A framework for assessing irrigation performance.** **IFPRI Working Papers on Irrigation Performance 1.** Washington: International Food Policy Research Institute, 1992.
- SNYDER, R. L. **California Irrigation Management Information System.** *American Potato Journal*, 61: 229-234, 1984.
- SVENDSEN, M.; VERMILLION, D.L. **Irrigation Management Transfer in the Columbia Basin: Lessons and International Implications.** Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute. 1994.
- TAJUELO, J. M. **Improving water management: The irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain).** *Agricultural Water Management* 77; 37-58, 2005.