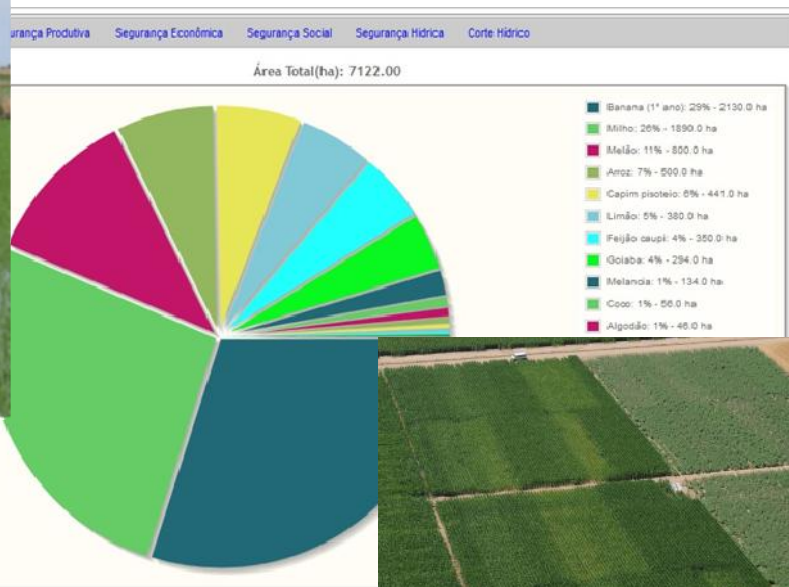


# ESTUDO TÉCNICO PARA A ALOCAÇÃO DE ÁGUA DESTINADA À IRRIGAÇÃO NO MÉDIO E BAIXO JAGUARIBE DEFININDO OS CRITÉRIOS E O MONITORAMENTO

## RELATÓRIO FINAL



Fortaleza,

Dezembro de 2015

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	2
2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO .....	4
3. SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (SSD) – S@I E RESULTADOS OBTIDOS DA BACIA .....	8
4. MONITORAMENTO.....	18
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	37
6. EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA.....	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

A Região do Baixo Jaguaribe drena uma área de 5.452km<sup>2</sup>, percorrendo cerca de 137km, que se estende desde a Ponte de Peixe Gordo na BR – 116 até a sua foz, localizada na cidade de Fortim. A região do Médio Jaguaribe possui uma área de 10.376km<sup>2</sup>. Tem um curso de, aproximadamente, 171 km de extensão, compreendido entre a válvula do açude Orós e a ponte de Peixe Gordo, na BR - 116. Num trecho intermediário entre esses dois pontos, mais especificamente, na atual Jaguaribara, foi construído o açude Castanhão, que pereniza um trecho da bacia do médio e é responsável pela perenização da Região Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, até a foz do rio Jaguaribe (COGERH, 2014).

Em março de 2015, a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH publicou o “Cadastro de Usuários de Água Bruta do Rio Jaguaribe nas Sub-bacias do Médio e do Baixo Jaguaribe” com o fim de cadastrar os usuários de água bruta captada no rio Jaguaribe, que estejam inseridos nas sub-bacias do baixo e médio Jaguaribe, levando em consideração determinadas informações, tais como: pontos de captação e os usos múltiplos da água.

Em julho de 2015, a ADECE contratou o Instituto Centro de ensino Tecnológico - CENTEC, sociedade civil de direito privado sem fins lucrativos, que foi qualificada pelo Governo do Estado do Ceará como Organização Social – OS, para realizar o Estudo Básico para a alocação de água destinada à irrigação no Médio e Baixo Jaguaribe, definindo os critérios e o monitoramento. Este Estudo deverá apresentar os seguintes produtos.

1.1 Ferramenta web com o cadastro das culturas implantadas nas Bacias do Médio e Baixo Jaguaribe e definição dos indicadores;

1.2. Revisão da ferramenta web com cadastro das culturas implantadas nas Bacias do Médio e Baixo Jaguaribe e nova definição dos indicadores;

1.3. Projeto básico para a readequação do SIMIC apresentando o número ótimo de estações para o adequado funcionamento da rede, de acordo com as condições geoclimatológicas do estado do Ceará contendo o relatório de visitas em campo, lista de equipamentos e ajustes operacionais a serem feitos nas estações já existentes, para o adequado funcionamento do SIMIC e integração com a ferramenta do Estudo;

1.4. Projeto Básico de monitoramento para a continuidade do SIMIC nas Bacias do Médio e Baixo Jaguaribe e possível ampliação para todo o Estado

Até a produção deste documento, como parte integrante do contrato entre a ADECE (Contratante) e o CENTEC (Contratada), já foi entregue o seguinte produto:

a) Ferramenta web com a definição dos critérios para a alocação de água destinada à irrigação no médio e baixo Jaguaribe em condições de restrições hídricas, através de indicadores definidos e implantados dentro de um Sistema de Suporte à Decisão – SSD a ser utilizado no Estudo.

Neste documento, a Contratada (CENTEC) entrega:

1. Resultados finais da Ferramenta web
2. Estudo para a implantação do Sistema de Informações para o Manejo da Irrigação no Ceará – SIMIC, rede integrada de estações que foi constituída a partir de um Projeto Piloto implementado pela FUNCEME;
3. Integração do SIMIC com o Estudo, com os resultados aplicados inicialmente para o Médio e Baixo Jaguaribe, possibilitando a futura implantação em todo o estado do Ceará.

## 2. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Depois das três primeiras reuniões e a entrega do Produto 1 por parte da contratada, a Equipe (Item 6 deste documento) fez os devidos ajustes e evoluiu no desenvolvimento da ferramenta.

### 2.1 Definição dos indicadores.

O desenvolvimento de quatro quesitos de análise para o manejo da irrigação e alocação de água, onde cada quesito é responsável por agrupar um par de indicadores, foi verificado criteriosamente pela equipe. Os quesitos se dividiram em: segurança produtiva, segurança econômica, segurança social e segurança hídrica.

		<b>Indicador1</b>	<b>Indicador 2</b>
<b>Quesitos</b>	Segurança produtiva	Kg ha <sup>-1</sup>	Kg m <sup>-3</sup>
	Segurança econômica	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ m <sup>-3</sup>
	Segurança social	Emprego ha <sup>-1</sup>	Emprego m <sup>-3</sup>
	Segurança hídrica	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Ciclo de Cultivo

Os indicadores foram aplicados em cada setor demandante de água da Bacia (agricultura irrigada, carcinicultura e pecuária). Foram determinados três níveis pesos (alto, médio e baixo) a serem aplicados em cada um dos quesitos e indicadores. Os quesitos de **segurança produtiva, segurança econômica e segurança social** foram valorados da seguinte maneira:

Peso Alto → Valorado com peso 1,00;

Peso Médio → Valorado com peso 0,75;

Peso Baixo → Valorado com peso 0,50.

Já o quesito de **segurança hídrica** recebeu valoração inversa, visto que esses indicadores analisam a maior utilização de água do setor demandante, sendo assim o peso Alto deve receber a menor valoração, como demonstrado a seguir:

Peso Alto → Valorado com peso 0,50;

Peso Médio → Valorado com peso 0,75;

Peso Baixo → Valorado com peso 1,00.

## 2.2 Critério de aplicação dos pesos nos indicadores.

Desenvolveu-se um critério de aplicação dos pesos para cada quesito de análise.

### ***Segurança Produtiva:***

#### Indicador Kg/ha

- Se a produtividade da terra for  $\geq$  a máxima produtividade da terra regional ganhará o peso Alto = 1,00
- Se a produtividade da terra estiver entre a máxima produtividade da terra regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se a produtividade da terra estiver abaixo de 70% produtividade da terra regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

#### Indicador Kg/m<sup>3</sup> (neste caso o cálculo feito utilizará o valor real da lâmina de irrigação aplicado)

- Se a produtividade da água for  $\geq$  a máxima produtividade da água regional, ganhará o peso Alto = 1,00
- Se a produtividade da água estiver entre a máxima produtividade da água regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se a produtividade da água estiver abaixo de 70% produtividade da água regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

### ***Segurança Econômica:***

#### Indicador R\$/ha

- Se a receita líquida unitária for  $\geq$  a máxima receita líquida unitária regional ganhará o peso Alto = 1,00
- Se a receita líquida unitária estiver entre a máxima receita líquida unitária regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se a receita líquida unitária estiver abaixo de 70% receita líquida unitária regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

#### Indicador R\$/m<sup>3</sup> (neste caso o cálculo feito utilizará o valor real da lâmina de irrigação aplicado)

- Se a receita líquida unitária for  $\geq$  a máxima receita líquida unitária regional, ganhará o peso Alto = 1,00

- Se a receita líquida unitária estiver entre a máxima receita líquida unitária regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se a receita líquida unitária estiver abaixo de 70% receita líquida unitária regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

**Segurança Social:**

Indicador Emprego/ha

- Se o número de empregados por ha for  $\geq$  a máxima de número de empregados por ha regional, ganhará o peso Alto = 1,00
- Se o número de empregados por ha estiver entre a máxima de número de empregados por ha regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se o número de empregados por ha estiver abaixo de 70% do número de empregados por ha regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

Indicador Emprego/m<sup>3</sup> (neste caso o cálculo feito utilizará o valor real da lâmina de irrigação aplicado)

- Se o número de empregados por m<sup>3</sup> for  $\geq$  a máxima de número de empregados por m<sup>3</sup> regional, ganhará o peso Alto = 1,00
- Se o número de empregados por m<sup>3</sup> estiver entre a máxima de número de empregados por m<sup>3</sup> regional e 70% de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se o número de empregados por m<sup>3</sup> estiver abaixo de 70% do número de empregados por m<sup>3</sup> regional, ganhará o peso Baixo = 0,50

**Segurança Hídrica:**

Indicador m<sup>3</sup>/ha (neste caso o cálculo feito utilizará o valor ideal da lâmina de irrigação aplicado – necessidade hídrica da cultura)

- Se o consumo de água real for  $\geq$  a 1,3 do consumo de água ideal, ganhará o peso Alto (Alto consumo) = 0,5
- Se o consumo de água real estiver entre consumo de água ideal e 1,3 de seu valor, ganhará o peso Médio = 0,75
- Se o consumo de água real estiver abaixo do consumo de água ideal, ganhará o peso Baixo (Baixo consumo) = 1,00

Ciclo do Cultivo (neste caso será avaliada se a atividade agrícola possui consumo de água, permanente, temporário ou intermediário)

- Se a cultura for permanente, ganhará o peso Alto (Alto consumo) = 0,5

- Se a cultura tiver ciclo temporário longo (acima de 180 dias) ganhará o peso Médio, ou seja, 0,75
- Se cultura tiver ciclo temporário curto (abaixo de 180 dias), ganhará o peso Baixo (Baixo consumo), ou seja, = 1,00

### 2.3 Metodologia de cálculo para o corte hídrico.

Após o cadastramento dos dados de entrada, análise dos quesitos e definição dos pesos aplicados em cada um dos indicadores é possível gerar o gráfico do corte hídrico sugerido para cada setor demandante de água da bacia.

Para isso foi criado um modelo para calcular e ponderar os valores aplicados através da combinação de pesos determinados para cada setor de análise. O modelo faz uma ponderação da valoração dos pesos através da seguinte equação:

$$R = \frac{(P1 + P2) + (E1 + E2) + (S1 + S2) + (H1 + H2)...}{8 \text{ (ou número de quesitos)}}$$

Onde

P1: peso do indicador Kg/ha;

P2: peso do indicador kg/m<sup>3</sup>;

E1: peso do indicador R\$/há;

E2: peso do indicador R\$/m<sup>3</sup>;

S1: peso do indicador empregos/ha;

S2: peso do indicador empregos/m<sup>3</sup>;

H1: peso do indicador m<sup>3</sup>/ha;

H2: peso do indicador ciclo do cultivo.

O resultado do corte hídrico se dará da seguinte maneira:

% corte hídrico = R (resultado da ponderação) – 1

R = Resultado com valores entre 0 e 1



### **3. SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (SSD) – S@I E RESULTADOS OBTIDOS DA BACIA**

O Sistema de suporte à decisão escolhido pelos consultores foi o software de serviços via web chamado Sistema S@I. Sua escolha deveu-se a já ambiência dos consultores com o Sistema e da já comprovada eficiência dele no gerenciamento de áreas irrigadas (Corcóles et al. 2015; Keller et al. 2012; Lima et. al 2015; Nascimento et al. 2015). Dito Sistema, além de realizar os cálculos necessários para o envio da informação diária de quando, quanto e como irrigar, também é uma para gestão do uso da água em uma determinada região.

O Sistema S@I é um sistema multidistritos, ou seja, podem ser inseridas novas áreas irrigadas para serem gerenciadas pelo Sistema alternando somente nas ferramentas do software. Desta forma, a gestão da irrigação pode ser feita em grande escala. O Sistema também é um software mutável, podendo ser criado novos módulos de análise em função da necessidade de cada Região administrada. Para este projeto foi criado um módulo para análise dos indicadores (calculado e resolução gráfica).

#### **3.1 Alimentação do Sistema.**

Foram cadastrados, e identificados geograficamente, no Sistema S@I os vinte e cinco municípios pertencentes ao Médio e Baixo Jaguaribe: Alto Santo, Aracati, Deputado Irapuan Pinheiro, Ererê, Fortim, Icapuí, Icó, Iracema, Itaiçaba, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Milhã, Orós, Palhano, Pereiro, Potiretama, Quixerê, Russas, São João do Jaguaribe, Solonópole e Tabuleiro do Norte.

No entanto, não foram identificados cultivos irrigados nos municípios Ererê, Milhã, Palhano e Potiretama.

Para cada Município cadastrado foi feito um levantamento da área irrigada de seus principais cultivos. O sistema permitiu cadastrar a cultura, variedade, área irrigada, referência do coeficiente do cultivo e data de plantio. Além disso, o sistema também foi abastecido com dados de Produção (Kg), lâmina normalmente utilizada pelos usuários ( $m^3$ ), receita líquida (R\$), número de emprego gerado em cada atividade, vazão normalmente retirada da bacia pelos usuários de cada setor (l/s/ha).

O resultado do módulo criado no sistema para abastecimento dos dados levantados para cada quesito de segurança e a seleção dos pesos aplicados para cada indicador se expõe entre as **Figuras 1 e 4**.

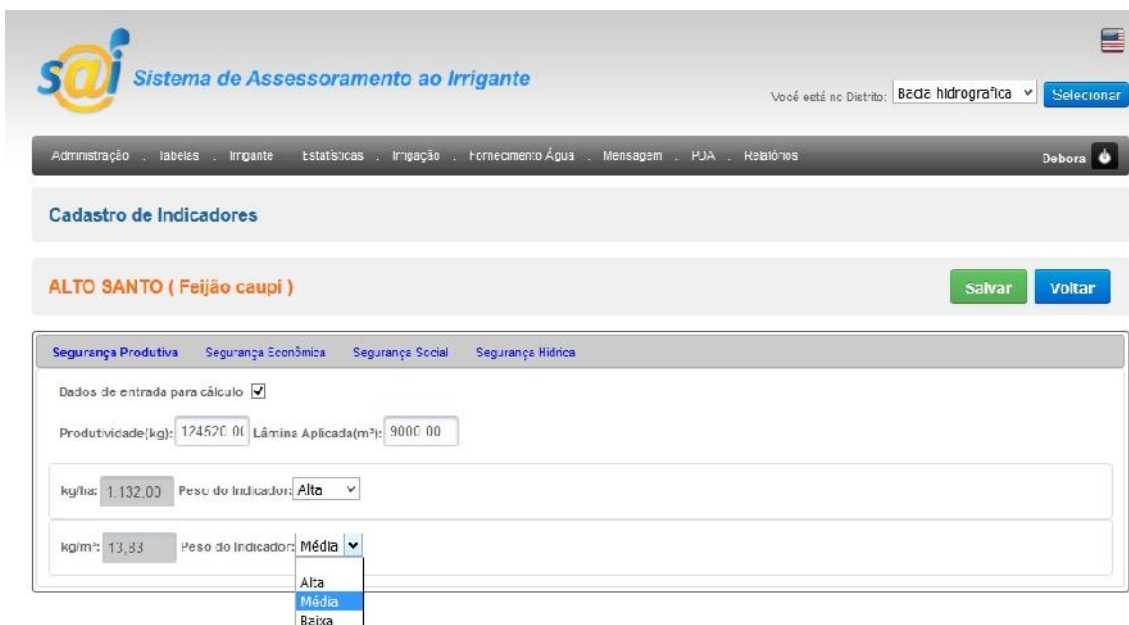


FIGURA 1: Módulo de segurança produtiva com opção de se selecionar os pesos nos indicadores kg/ha e kg/m<sup>3</sup>.

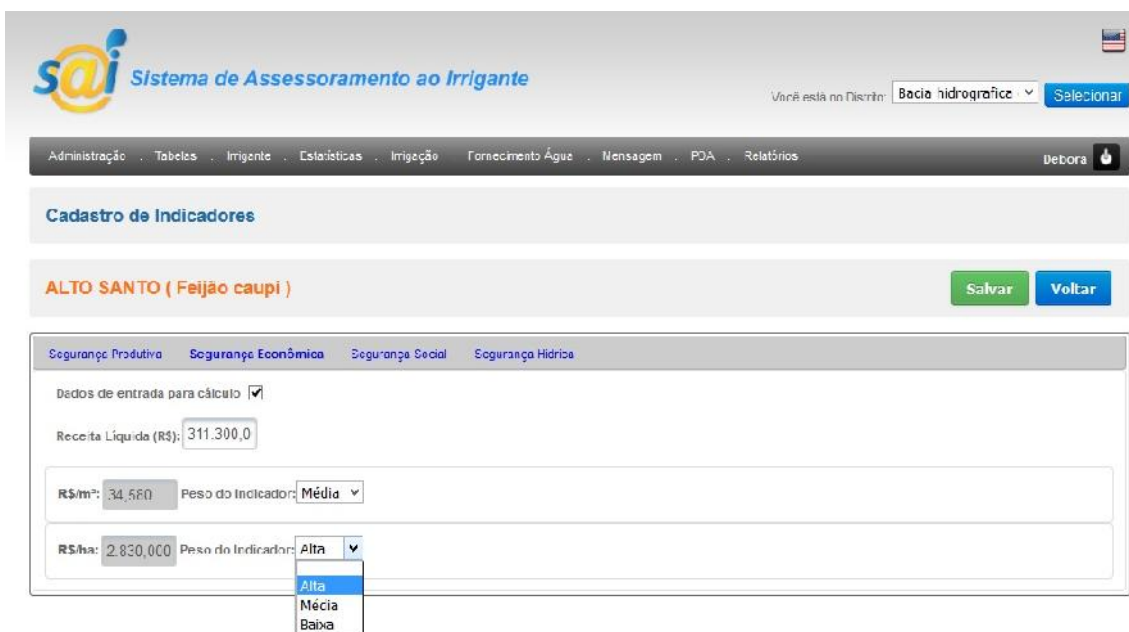


FIGURA 2: Módulo de segurança econômica com opção de se selecionar os pesos nos indicadores R\$/ha e R\$/m<sup>3</sup>.

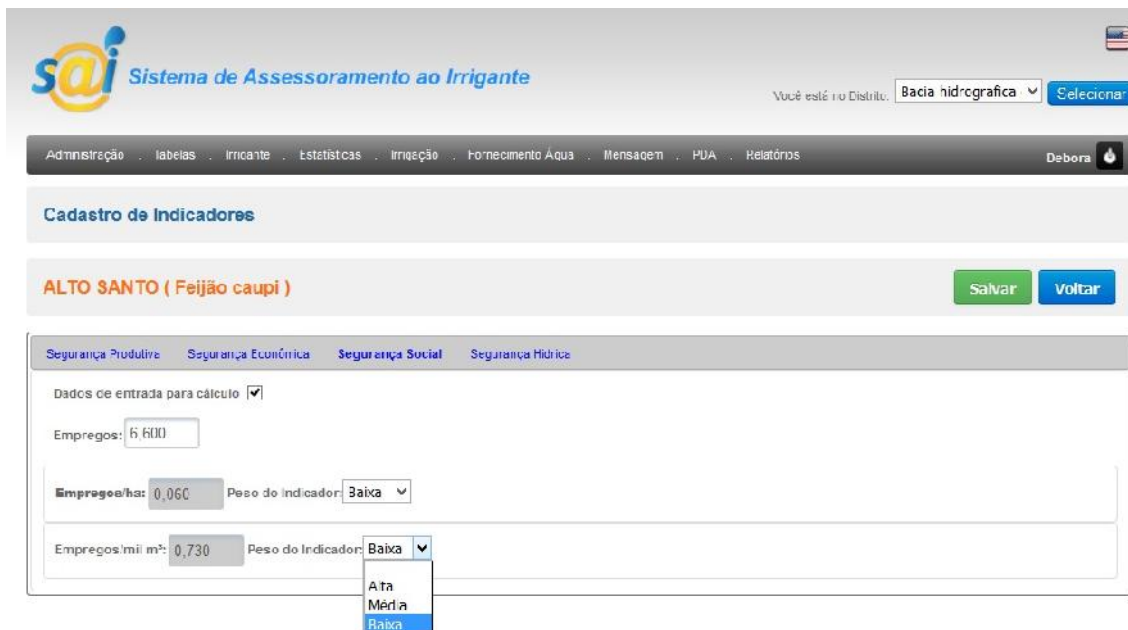


FIGURA 3: Módulo de segurança social com opção de se selecionar os pesos nos indicadores Emprego/ha e Emprego/m<sup>3</sup>.

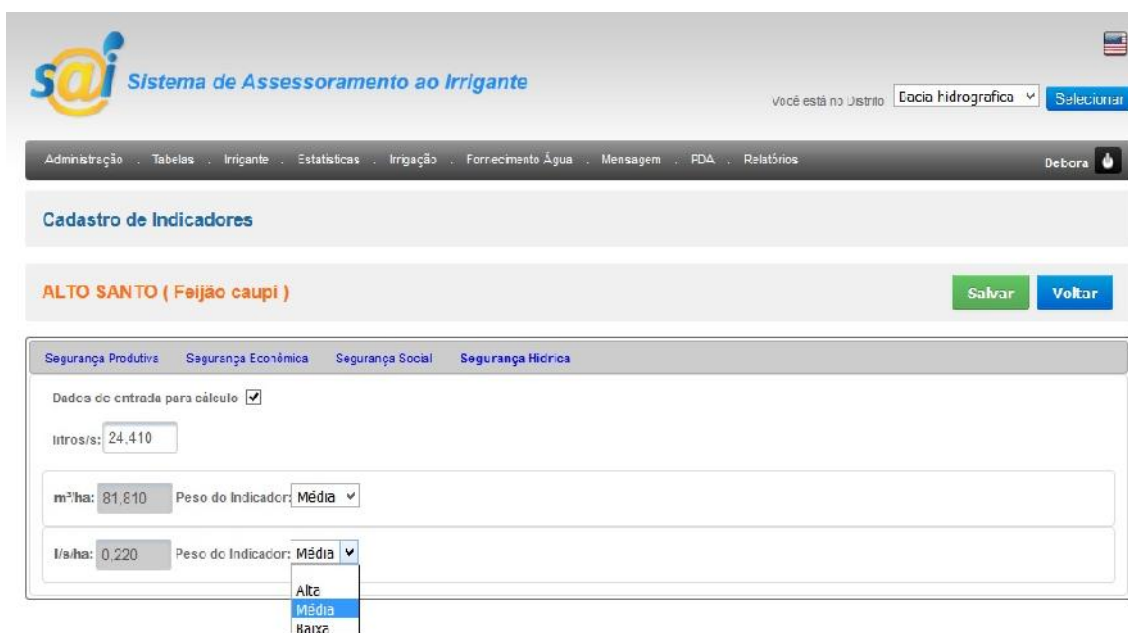


FIGURA 4: Módulo de segurança hídrica com opção de se selecionar os pesos nos indicadores m<sup>3</sup>/ha e Ciclo.

Além disso, a **Figura 5** mostra o levantamento da área irrigada geral da Bacia com um **total de 32.642,00 ha irrigados**. É importante salientar que em relação à área irrigada de pastagem (capim para pisoteio) somente foram consideradas as áreas dentro dos perímetros

públicos Federais Tabuleiro de Russas, Jaguaribe Apodi e Morada Nova. Há também um total de 48 ha (14 ha em Limoeiro do Norte e 34 ha em Russas) pouco representativos onde são cultivadas culturas diversas, entre cacau, cajá, batata doce, abóbora, mogno, nim, maçã e pêra.

Em análise, se observa que os setores demandantes de água mais representativos da Bacia são melão (com 7.340 ha, representando 21% da área total irrigada), seguido de banana (com 6.421 ha, representando 19% da área total irrigada), camarão (com 3.614 ha, representando aproximadamente 10% do total da área), arroz (com 3.368 ha, representando aproximadamente 10% da área total irrigada) e cana de açúcar (com 2.696 ha, representando 8% da área total irrigada).

Os municípios de maior influência da Bacia são Limoeiro do Norte com 7.136 ha irrigados com predomínio de banana (2.130 ha), Aracati a maior extensão em área da produção de camarão (2.062 ha), Jaguaruana com 4.749 ha irrigados com predomínio de cana-de-açúcar (1.800 ha) e arroz (1.603 ha) além de 900 ha com produção de camarão, Quixeré com 4.311 ha irrigados com predomínio de banana (2.262 ha) e Russas com 3.884 ha irrigados com predomínio de banana (1.183 ha).

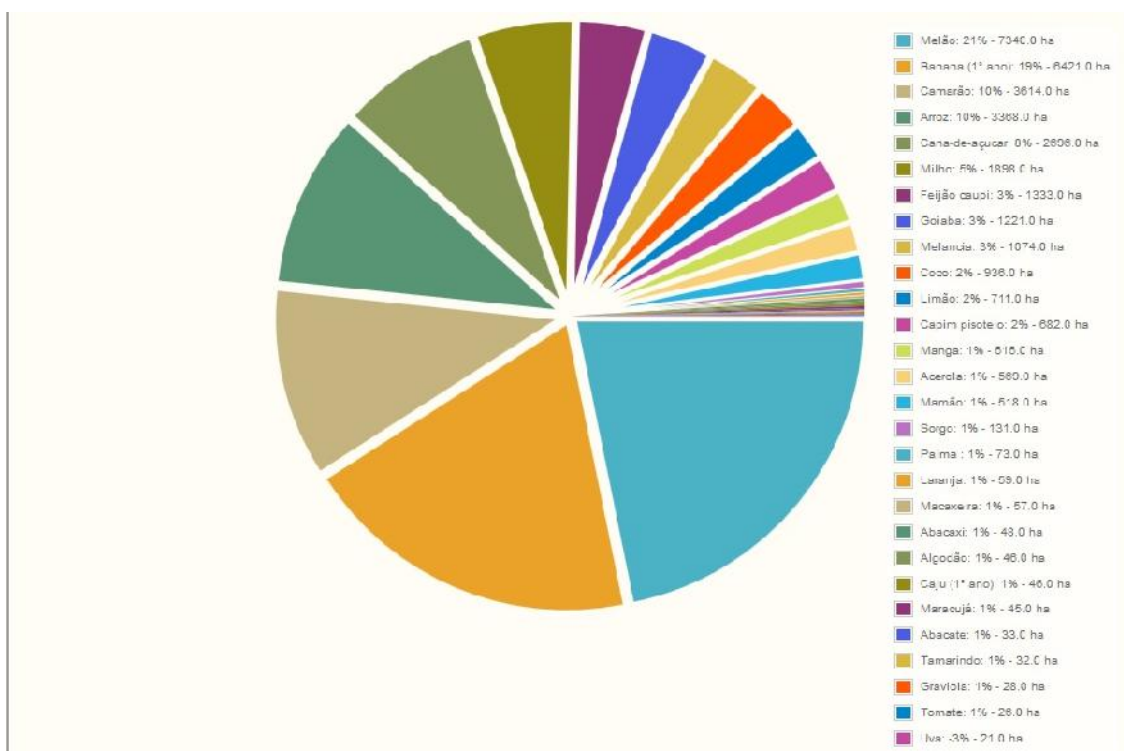


FIGURA 5: Cultura irrigada total da Bacia em área e porcentagem.

### 3.2 Análise gráfica dos indicadores.

Os dados de entrada dos indicadores são uma recopilação de valores fornecidos por instituições especializadas (IBGE, ADECE, Instituto Agropolos, SDA, EMATERCE, CEASA-CE, EMBRAPA, BNB, Perímetros Irrigados/DNOCS, ESCRITÓRIOS TÉCNICOS, Revendas insumos, CONAB, COGEHR e artigos científicos) e instituições parceiras.

Os gráficos apresentados a seguir se referem a uma análise geral da Bacia, no entanto não devem ser analisados individualmente visto que o objetivo do presente produto é a cálculo do peso aplicado em cada indicador, resultando assim em uma sugestão do corte hídrico que deve ser aplicado em cada setor demandante analisado.

No entanto, as **Figuras 6, 7 e 8** mostram os valores da segurança produtiva e o ranking dos setores demandantes em análise. Focando nos quatro principais setores de produção na Bacia (melão, banana, camarão e arroz), se observa que o melão, o cultivo com maior área irrigada da Bacia, mostra uma produtividade da terra (kg/ha) média, porém é o terceiro colocado quando se observa a produtividade da água (kg/m<sup>3</sup>). A banana e o arroz apresentam valores médios e baixos para o quesito e o camarão apresenta os menores valores tratando-se de produtividade da água.

Muito importante destacar a cultura da Palma Forrageira, pois apresentou a maior produção por hectare e menor consumo de água, resultando em uma produtividade de água 6 (seis) vezes superior ao segundo colocado.

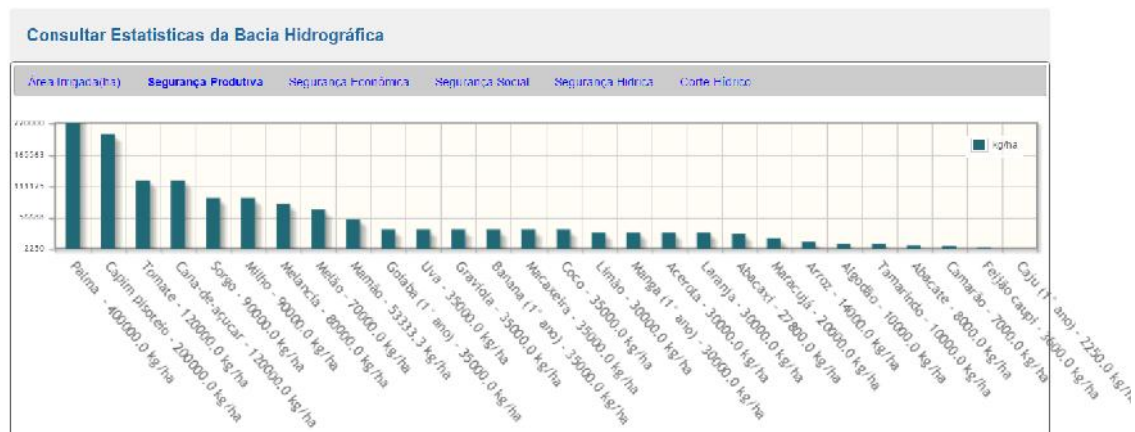


FIGURA 6: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador Kg/ha: Quesito Segurança Produtiva.

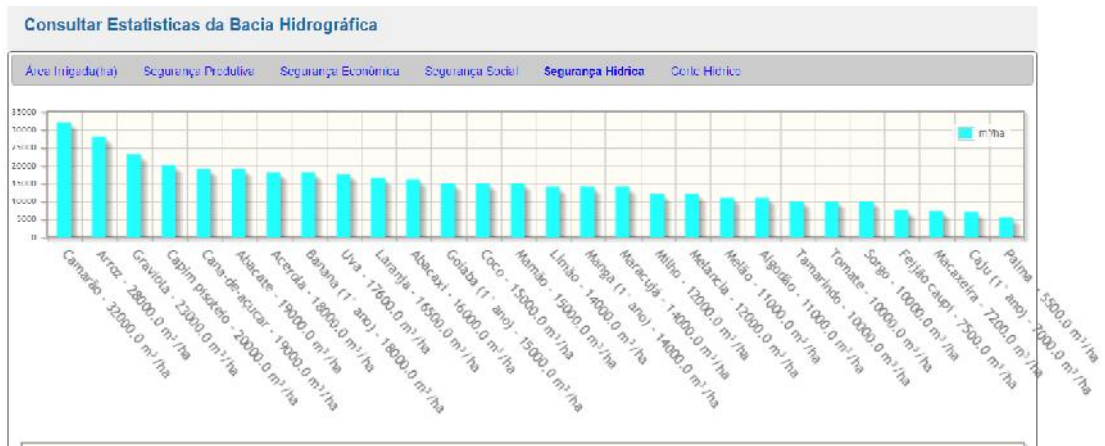


FIGURA 7: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador m³/ha: Quesito Segurança Hídrica.

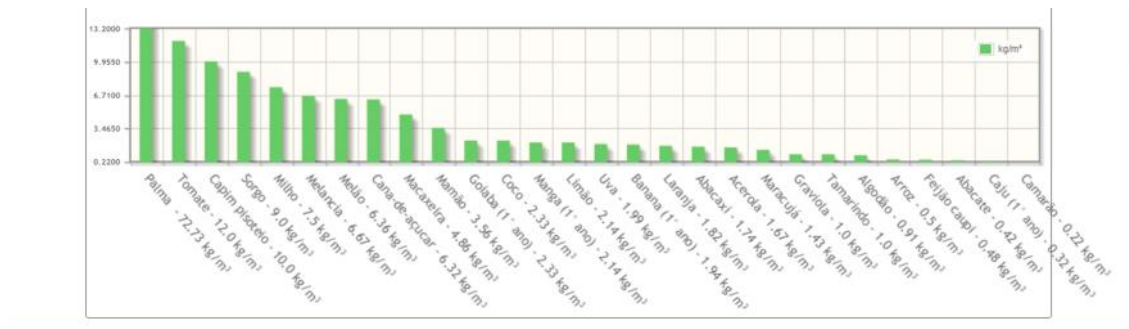


FIGURA 8: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente aos indicadores kg/m³. Quesito Segurança Produtiva.

Nas **Figuras 9 e 10** quando apresentam-se os valores do quesito segurança econômica, o camarão mostra a maior rentabilidade por área (R\$/ha) de produção quando comparado com os outros três setores principais da bacia, seguido pelo tomate, melão e goiaba. Contudo, tratando-se da rentabilidade por m³ de água utilizado (R\$/m³), o melão apresenta o melhores resultados que os outros três setores, frente ao camarão que apresenta o pior resultado.

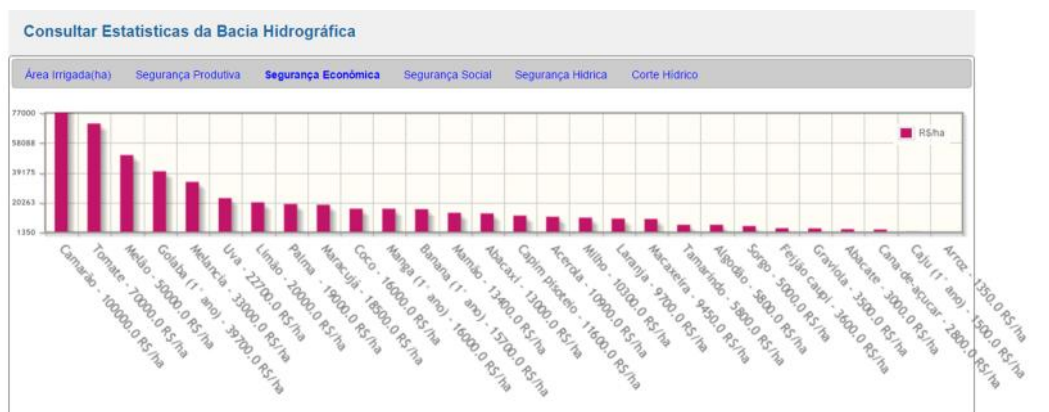


FIGURA9: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador R\$/ha. Quesito Segurança Social.

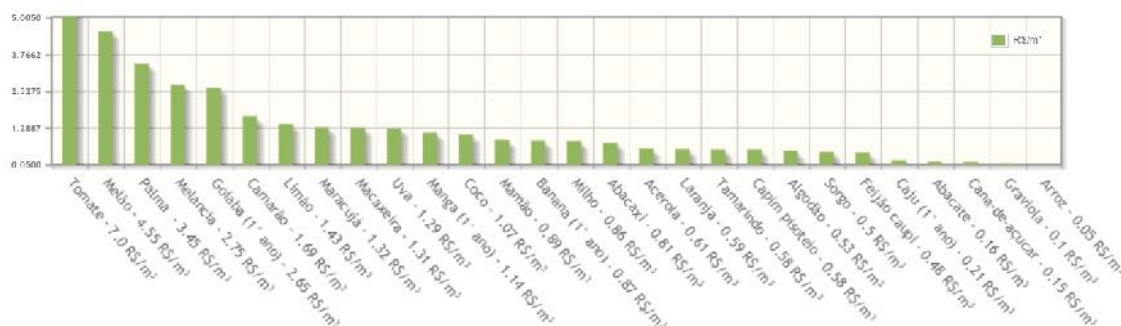


FIGURA 10: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador R\$/m³. Quesito Segurança Social.

Na **Figura 11**, se observa no quesito de segurança social que a cultura da Uva e a carnicultura apresentam altos números de empregos por área de produção (emprego/ha), porém tratando-se de número de empregos gerados por m³ na bacia, os setores de melão e banana mostram os melhores resultados. Este resultado evidencia a importância da presença de duas grandes empresas produtoras do ramo localizadas nos municípios de Limoeiro do Norte e Russas.



FIGURA 11: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador Emprego/ha. Quesito Segurança Social.

Entretanto, na **Figura 12** o setor de carcinicultura apresenta os piores valores no quesito de segurança hídrica, pois realmente possui uma necessidade de armazenamento de água muito alta, no entanto, em relação à Bacia em Estudo, algumas informações devem ser levadas em consideração:

1. Foi considerada nesse Estudo a região de Aracati que possui aproximadamente 58% da demanda de água para a produção do camarão da bacia, porém a água utilizada nessa produção sofre influência de marés, sendo assim impróprias para o uso na agricultura irrigada;
2. Outros 20% da demanda de água para produção de camarão se encontra na região de Jaguaruana e são águas originadas da exploração de poços profundos. Estudos estão sendo realizados para confirmar que a água utilizada pela carcinicultura nessa região também são salinas e inviáveis para agricultura irrigada.

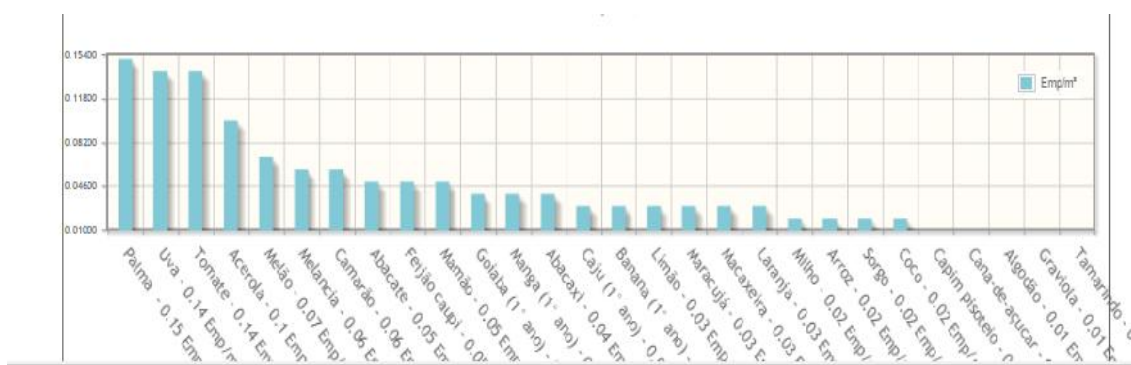


FIGURA 12: Ranking geral das culturas cultivadas na da Bacia Hidrográfica referente ao indicador Emprego/m<sup>3</sup>. Quesito Segurança Social.

### 3.3 Definição do corte hídrico

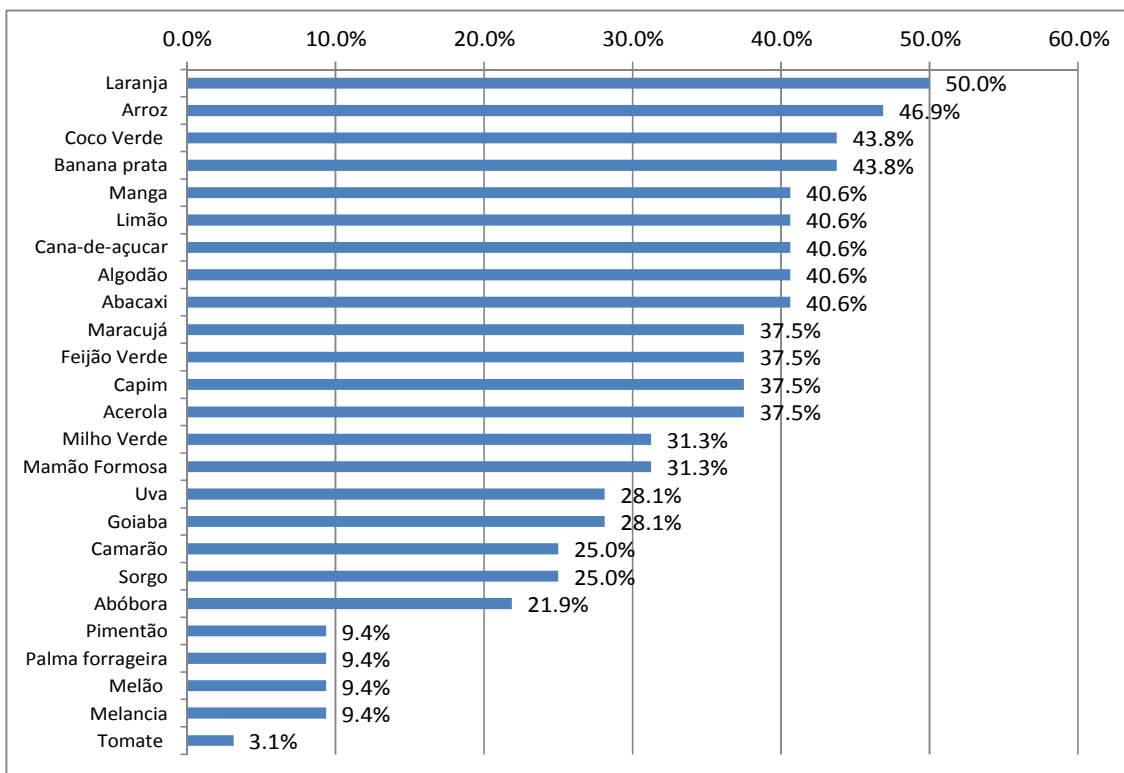
Diante do exposto, na **Figura 13** se observa os valores de corte hídrico determinado para cada setor demandante de água após análise e ponderação dos pesos aplicados em cada indicador para os quatro quesitos de estudo.

É de extrema importância destacar que a Laranja, pouco utilizada na Região, apresenta o maior corte hídrico sugerido (corte de 50% para o limite de 50% de corte). O segundo maior corte sugerido é na cultura do arroz (corte de 46,9 %), seguidos do coco e da Banana (corte de 43,8%). O Coco é uma cultura pouco expressiva na região, porém a Banana está em segundo lugar em área. Na seqüência temos: manga, limão, cana de açúcar, algodão, e abacaxi,



perfazendo as dez culturas que, em caso de crise hídrica, com os indicadores e critérios sugeridos, terão menor prioridade.

É importante destacar as culturas do tomate, melancia, melão, palma e pimentão teriam prioridade na Bacia, pois mostram bons valores entre os quesitos de análise.



**FIGURA 13:** Porcentagem de corte hídrico sugerido para cada setor demandante de água da Bacia. Resultados da simulação do Corte Hídrico com dois ciclos nos cultivos temporários

## 4. MONITORAMENTO

### 4.1 Contextualização sobre o estudo da evapotranspiração das culturas

O cálculo das necessidades de água das culturas é feito a partir de dois conceitos básicos: evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é a taxa de evapotranspiração que ocorre de uma superfície de referência (padrão) cujas características que a definem são: extensa superfície com vegetação em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, altura da vegetação de 0,12 m, índice de área foliar de 2,88, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s/m e albedo de 0,23. Estas condições assemelham-se a evapotranspiração de uma extensa superfície de grama verde com altura uniforme, crescendo ativamente, sombreando completamente o solo e sem restrição hídrica.

A determinação da ET<sub>o</sub> é de interesse dos agrônomos por que estes estão interessados no balanço de água no solo, nas relações entre água consumida e produção das culturas e na quantificação da evapotranspiração do sistema solo-planta-atmosfera que é de fundamental importância no manejo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação.

O uso de água pelas culturas é denominado de “evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)” e é previsto multiplicando um fator de ajuste conhecido como coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) pelo valor de ET<sub>o</sub> (ET de referência):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

onde ET<sub>c</sub> = uso de água pela cultura

ET<sub>o</sub> = ET de Referência (superfície de grama)

K<sub>c</sub> = coeficiente de cultura

Este Estudo teve dois convidados como especialistas sobre evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para trabalhar no que diz respeito à configuração e implementação de uma rede baseada em ET<sub>o</sub>. Desta forma foi realizada uma visita ao Ceará dos especialistas Cayle Little (Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia) e Richard Snyder (Universidade da Califórnia). O período foi de 1 a 9 de Julho de 2015.

Os objetivos de longo prazo deste projeto são a implementação de uma rede de estações meteorológicas em todo Estado do Ceará, a fim de promover a eficiência do uso da água local e regional. Os objetivos mais imediatos são para apresentar as partes interessadas locais em ambos os setores público e privado do Ceará sobre o valor e os benefícios das redes de ET<sub>o</sub>, e estabelecer uma rede piloto no Médio e Baixo Jaguaribe permitindo a adoção de tecnologia.

#### 4.2 Visão dos consultores

Enquanto no Estado do Ceará, começamos nossa visita por familiarizar-nos com a região, seus climas locais e da agricultura. Junto com algumas revisões de literatura básicas, visitamos as regiões do Médio e Baixo Jaguaribe.

As metas específicas para esta visita incluíram obter um entendimento geral da região, sua agricultura e como ela foi interligada com a estrutura de água atual. Os principais destaques deste incluíram vários componentes.

A programação começou com uma visita a uma estação meteorológica FUNCEME no local. Isto foi bastante interessante uma vez que forneceu uma visão da rede meteorológica existente. Encontramos com a equipe gestora da FUNCEME, Dr. Martins e Dra. Sakamoto para discutir potenciais de integração de dados de Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) na infraestrutura da FUNCEME de coleta de dados. Um segundo grupo importante foi a COGERH. De muitas maneiras, este grupo tem funções semelhantes às do Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia (DWR). Nós também visitamos a Barragem Castanhão que é o maior reservatório do Estado. Seu status atual de quase esgotamento representando a região como um todo.

A reunião final e mais importante da viagem foi uma apresentação formal, no Palácio dos Governadores. Havia vários secretários de Estado presentes, juntamente com muitas outras pessoas envolvidas no sistema de água do estado de gerenciamento de estado, através de produtores locais. Dr. Snyder apresentou sobre a seca na Califórnia e na história do Sistema de Informação de Gestão de Irrigação Califórnia (CIMIS). Cayle Little apresentou sobre o status atual do CIMIS e uma explicação de DWR e seu papel na infra-estrutura hídrica na Califórnia

Em nosso entendimento, ter o apoio de todos os principais intervenientes da gestão hídrica no Ceará por meio dos usuários é fundamental para o sucesso de uma rede de ET<sub>o</sub>.

A rede FUNCEME é importante para a previsão e caracterização climática e vêm sendo utilizada em conjunto com a rede SIMIC para fornecer dados de ET<sub>o</sub> com o objetivo de melhorar o manejo da irrigação e recursos hídricos planejamento. Esta rede possui critérios de localização aceitáveis para estimar ET<sub>o</sub> e a evapotranspiração da cultura. Porém, a rede FUNCEME tem critérios muito diferentes de montagem e de estabelecimento de uma rede de estações para determinação da ET<sub>o</sub>.

A superfície em torno de uma estação meteorológica da FUNCEME deve ser representativa da vegetação natural local, enquanto uma estação SIMIC deve ser rodeada por uma extensa área de grama bem regada a fornecer estimativas precisas ET<sub>o</sub>. Além disso, os critérios de montagem do sensor são significativamente diferentes para estações meteorológicas FUNCEME e a nova SIMIC aqui proposta.

Nossa opinião é que a rede SIMIC (Proposta), difere da rede (SIMIC) já existente na plataforma da FUNCEME, pois sugerimos a utilização de outro Sistema mais completo e uma nova rede de estações específicas para o uso da água na agricultura do Estado do Ceará.

Portanto, o estabelecimento deste estudo depende de vários componentes:

a) Os planos atuais para a rede SIMIC estão centrados em uma pequena prova de conceito de rede (piloto), na Região do Baixo e Médio Jaguaribe. Esta área foi escolhida como uma área restrita de estudo que foi manejável em tamanho, tem interesse em informações ETo para seus produtores e é impulsionado por fontes de água limitadas para tentar melhorar a sua eficiência global de irrigação;

b) Dentro da região selecionada, o próximo passo é avaliar a diversidade climática. Esta avaliação permitirá identificar microclimas dentro da região e, conseqüentemente, o número ideal e localização das estações. Neste momento, estamos estimando a região vai precisar de entre dois e quatro locais;

c) Assegurar financiamento é necessário para: equipamentos / hardware de compra; estação e local do estabelecimento; coleta de dados, processamento e divulgação; manutenção da estação em curso.

d) A escolha do local é um dos componentes mais críticos para uma rede ETo bem sucedida. Um dos problemas mais comuns com a escolha do local é implantar a grama adequada em todas as direções. Com grama inadequada, a ETo pode ser superestimada em até 30% a mais, ou seja, as recomendações seriam potencialmente desperdiçar água significativamente. Os locais potenciais requerem avaliação por alguém intimamente familiarizado com os critérios específicos e as condições locais devem ser rigorosamente mantida.

e) Compromisso de longo prazo para a manutenção das estações: as estações são automatizadas, mas não automáticas. Elas exigem visitas regulares de manutenção por um técnico para garantir a qualidade dos dados. O principal objetivo das visitas é para limpar os sensores e verificar a funcionalidade. Até mesmo o melhor equipamento envelhece e requer recalibração. Dependendo do sensor, a frequência de manutenção vai variar, mas todos os sensores ainda requerem manutenção.

Temos visitado várias redes de ETo em todo o mundo, e muitas falharam ou fornecem dados ruins devido à má localização e manutenção. Quase todas estas falhas podem ser diretamente atribuídas a erros na localização e/ou manutenção. A fim de gerar dados cientificamente e legalmente defensáveis, os protocolos internacionalmente estabelecidos e aceites devem ser observados.

## **A. ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS**

Uma estação meteorológica automática é composta de uma série de sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), ligada a uma unidade de memória central ("data logger"), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente para o usuário, por meio de transferência via cabo, rádio ou GPRS.

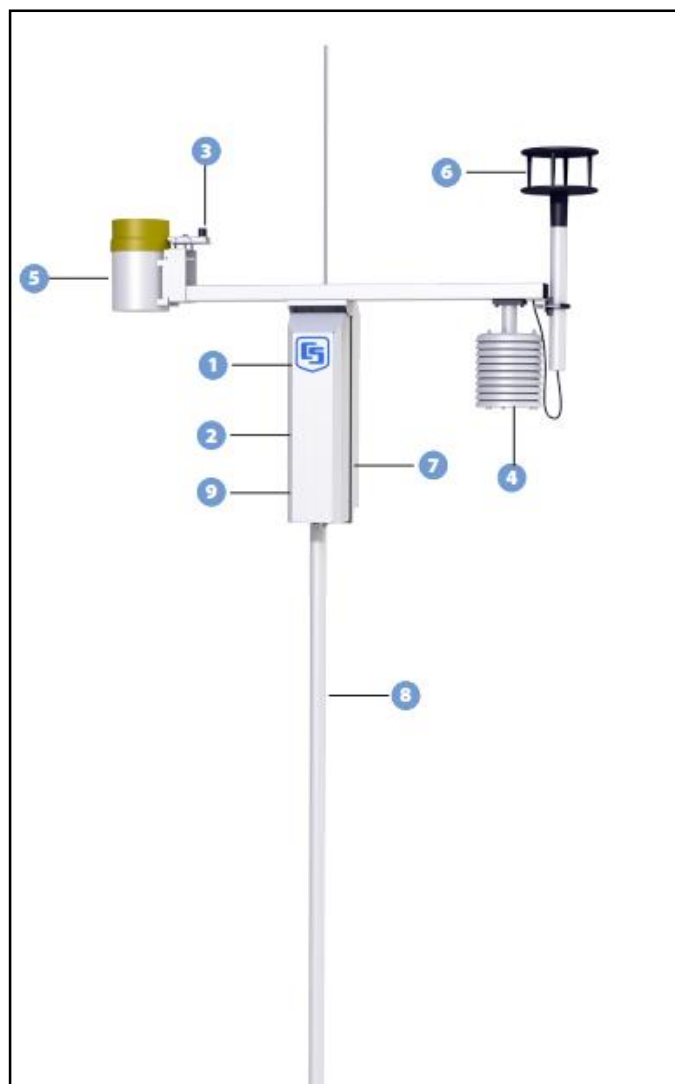
Existe atualmente disponíveis no Brasil, uma vasta gama de estações. Elas variam de tecnologias dos sensores, dos coletores de dados (Data logger), da transmissão de dados e até de softwares para a análise dos dados.

Apresentamos abaixo algumas estações padrão para uso na irrigação e selecionamos as mais utilizadas para fazer uma rápida avaliação buscando dar suporte ao produtor, na tomada de decisão do melhor manejo da irrigação.

### **ET107 Estação monitoradora de evapotranspiração - (Campbell Scientific)**

A Campbell Scientific é uma das pioneiras nesta área de desenvolvimento de estações meteorológicas automáticas. A empresa possui fábrica em Logan, estado de Utah, nos Estados Unidos, berço de grandes nomes da pesquisa com Evapotranspiração e irrigação.

A estação ETo ET107 (**Figura 11**) consiste de sensores meteorológicos, uma haste de alumínio de 3 m e um gabinete ambiental que abriga um módulo CR1000M e bateria recarregável selada de 7 Ahr. A bateria é recarregada por meio de transformador AC ou painel solar de 10 W. Conectores circulares selados estão incluídos na parte externa do gabinete para simplificar conexão de sensores.



**Figura 11.** Esquema ilustrativo de uma estação ET107

### Componentes Padrões da estação

A configuração da estação requer a seleção de uma opção de fonte de carregamento (via Painel solar ou via fonte AC), uma opção de comunicação (Modem ou via rádio) e opção de sensor de vento (Convencional ou ultrasônico). Os componentes ideais são:

1 Data Logger CR1000M para a coleta de dados

2 Bateria recarregável 7 Ah selada (deve-se escolher opção -AC para recarregar a bateria através de energia CA ou opção -SP para recarregar a bateria através de um 10 W painel solar)

3 Sensor de Radiação Solar CS305-ET

4 Sonda para medição da temperatura e umidade relativa do ar - HMP60-ETS, alojada em um abrigo de radiação MetSpec

- 5 Pluviômetro - TE525-ET
- 6 Sensor de vento ultrasônico 2-D
7. Transmissão de dados via modem telefone
- 8 Tubo de alumínio de 3m
9. Abrigo

O custo mínimo para uma estação meteorológica automatizada nos Estados Unidos é de cerca de \$7.500. Isto não leva em conta os impostos locais, conversões de moeda, frete e manuseio, e as diferenças de custos de equipamentos no Brasil. Em segundo lugar, as comunicações necessárias para os locais específicos podem alterar significativamente a estrutura de preços. Por exemplo, se uma linha telefônica terrestre ou comunicação celular não estiver disponível, a comunicação por satélite pode ser usado, mas equipamentos e dados a custos significativamente mais elevados.

Instalar estações, os custos de instalação e preparação do local não estão incluídos nos \$7.500 citados. Estes são os custos adicionais que irão variar significativamente devido a requisitos locais individuais.

- Desenvolver protocolos de comunicação e de coleta de dados
- Criar um programa e procedimentos de controle de qualidade
- Estabelecer protocolos de manutenção
- Estabelecer um ponto de distribuição de dados para os usuários de água;
- Educar os usuários de água locais sobre o uso e os benefícios dos dados SIMIC / ETO;

Responsabilidade de cada passo é ainda a ser determinado.



Abaixo está uma estimativa de equipamento necessário para estabelecer uma estação ETo (USD).

Item	Model	Description	Cost (USD)
1	CM106	Tripod and Grounding Kit (2.0 m)	510
2	CM204	Cross Arm Sensor Mount, 4 ft (1.2 m)	88
3	015ARM	Pyranometer Mounting Arm, Part # 2007	150
4	ENC 14/16-SC	Fiberglass Enclosure w/ 1 Conduit	300
5	MM	Enclosure mounting bracket for ENC 14/16	60
6	1049 (2 needed)	1-in x ¾ - in NU-RAIL fitting	42
7	CR1000	Datalogger	1495
8	CR1000KD	Keyboard/Display	280
9	RAVENXT	Raven XT Cellular Modem	510
10	14394	Raven Mounting Kit	25
11	18663	Null Modem Data Cable	5
12	21831	0dBd Whip Dipole Cellular Antenna	22
13	CH150	12v Power Supply w/ regulator	220
14	BP24	12V Sealed rechargeable battery w/mounts	155
15	SP20	20 Watt Solar Panel	295
16	HMP155-L8	Temperature/Relative Humidity Sensor w/ 8' cable	700
17	41005-5	14 Plate Gill Radiation Shield	190
18	SP-Lite 2 -L8	Silicon Pyranometer W/ fixed calibration	640
19	TE525mm-L8	Rain Gauge (metric) w/ 8' cable (Campbell)	405
20	107-L12	Soil Temperature Sensor w/ 8' cable (Campbell)	104
		SUB-TOTAL	\$6200

Fonte: Campbell Scientific Inc.: [www.campbellsci.com](http://www.campbellsci.com)

Além disso, um anemômetro será necessário para medir a velocidade e direção do vento. Isso não está incluído porque várias opções para sensores de velocidade e direção do vento para utilização na rede CIMIS (Califórnia) estão sob revisão. No processo de avaliação, os sensores estão a ser avaliados para determinar a melhor funcionalidade e eficácia a um custo razoável. A análise deve ser concluída em breve. As opções atuais variam em custo de aproximadamente US \$ 800 a US \$ 1500 por unidade. Porque especificações exatas do equipamento são adaptadas para cada local específico, a lista de peças acima é uma estimativa.

A Campbell Scientific é o fornecedor preferido para a maioria dos equipamentos envolvidos. O Brasil tem fornecedores locais que fornecem equipamentos Campbell eliminando potenciais desafios de importação. Identificamos na visita que a FUNCEME está familiarizada com equipamentos da Campbell e sua programação e manutenção diminuindo assim a curva de aprendizagem local a respeito das novas estações.

Não conhecemos atualmente o software de comunicações de coleta de dados (datalogger) de posse da FUNCEME, mas é provável que esse mesmo software possa ser utilizado para a comunicação com as estações do projeto SIMIC. O software de controle de qualidade foi desenvolvido durante o estabelecimento da rede CIMIS na Califórnia, e é

provável que o mesmo controle de qualidade (QC) de procedimentos pode ser utilizado no Estado do Ceará. Recomendamos que o pessoal da FUNCEME crie um programa QC para a rede SIMIC no Estado do Ceará com base em critérios usados na Califórnia, e podemos trabalhar com eles para desenvolver esse software.

O armazenamento dos dados coletados em uma base de dados facilmente acessível é importante para um projeto SIMIC ser bem sucedido. Em primeiro lugar, recomendamos arquivar os dados da estação meteorológica diretamente como coletadas das estações utilizando software Campbell Scientific. O software depende se o servidor usa Microsoft ou Linux. Para a Microsoft, o programa do servidor Software Supportlogger LOGGNETADM Dados Admin (servidor e clientes) custa \$ 1.125 nos EUA. Se um servidor Linux é utilizado, o LoggerNet servidor baseado em Linux LNLINUX w / LoggerNet remoto custa o mesmo valor. Mais uma vez, a escolha do software depende do sistema operacional do servidor.

Recursos para a aquisição do servidor também serão necessários, e nós recomendamos a discutir os requisitos do servidor com um consultor de informática para garantir que o servidor é adequado para a coleta, armazenamento e divulgação dos dados originais para o programa intermediário. Embora os programas da Campbell Scientific (LoggerNet) são bons, eles não são projetados para divulgação de dados em ambiente amigáveis de uma grande rede de clima.

O projeto deve incluir a utilização de um software de gestão da irrigação, que fará o gerenciamento da base de dados para o funcionamento do programa intermediário para controle de qualidade e divulgação aos produtores. Este programa deve ter um controle de qualidade e preenchimento de dados em falta. Isto é necessário para Controle de Qualidade (CQ) e preparar dados de arquivo para divulgação aos produtores e aos outros usuários. Esta abordagem dupla arquivamento permite a disseminação mais rápida de dados para usuários em um formato utilizável com CQ para indicar onde os dados foram modificados. Se forem necessárias melhorias para o programa no futuro, é relativamente fácil de re-executar o novo programa intermediário de rever o arquivo de dados de saída corrigida. Isso vai ajudar a minimizar os custos para atualizações de software.

Este conjunto de dados de saída deve ter indicadores de CQ e dados de saída corrigidos para o armazenamento em ambas as bases de dados horários e diários. Quando o usuário solicita dados, eles podem escolher os dados horários ou diários, e o início e as datas finais para a saída dos dados solicitados em um formato facilmente compreensível. Além disso, sensores individuais ou componentes de dados devem ser individualmente selecionáveis. Podemos trabalhar com FUNCEME ou outras agências do Ceará para desenvolver a base de dados de saída.

A FUNCEME ou a equipe do SIMIC devem desenvolver instruções on-line para os usuários baixarem e utilizarem os dados para ETo e obter e valores do coeficiente de utilização cultura (Kc). Enquanto muitos valores de Kc são conhecidos, há uma necessidade de estudar e desenvolver coeficientes de cultura, e SIMIC deve incentivar este trabalho. Estamos felizes em ajudar a desenvolver as instruções on-line e para produzir informações sobre os valores de Kc com informação existente. Nós também podemos formar pesquisadores para coletar

informações ET cultura e desenvolver coeficientes de cultura é estabelecida uma vez que a rede SIMIC.

Após o estudo piloto é concluída e avaliada, em seguida, a rede pode ser expandida para outras regiões do Ceará. Devido às diferenças na preparação do local, viagens, comunicações, equipamentos, etc., é difícil estimar o custo para estações adicionais. O custo mínimo para o logger, sensores, etc., para uma estação de SIMIC é estimado em \$ 7500, mas as despesas adicionais para a preparação do local, curso para estabelecer a estação, etc. são necessários. Estas despesas variam consideravelmente, mas esperamos que as despesas adicionais, em média, na ordem de US \$ 3.500. Portanto, uma estimativa aproximada para o estabelecimento de estações adicionais é da ordem de US \$ 11.000 por estação.

Note-se que uma boa manutenção é tão importante como uma boa instalação, de modo que o projeto deve incluir pessoal para monitorar e manter as estações. Um conjunto de sensores de peças será necessário para manter pelo menos 3-4 estações-piloto. Recomendamos que tenha, pelo menos, duas peças de cada sensor para cada quatro estações.

Recomendamos inicialmente que em cada local em que estão instaladas as estações da FUNCEME para monitorar o SIMIC, seja instalada uma estação completa ETo com as especificações apresentadas anteriormente. Para iniciar, podem ser escolhidos 4 (quatro) locais no Médio e Baixo Jaguaribe e iniciada a rede. Porém, sugerimos também, a criação de uma nova rede de estações que se integrarão as demais que seria composta de estações da metodologia Surface Renewal (Renovação de Superfície (SR) que apresentamos a seguir. Essas estações farão um diferencial na nova rede SIMIC, pois determinarão os coeficientes de cultura locais (inicialmente para as 28 culturas cadastradas).

Vale ressaltar que as estações SR possuem um custo bem mais acessível do que uma Estação ETo completa. As estações SR hoje estão custando em torno de \$1,500 (hum mil e quinhentos dólares)

### **MÉTODO DE RENOVAÇÃO DE SUPERFÍCIE PARA A DETERMINAÇÃO DO KC**

O coeficiente de cultura continua sendo o fator-chave para prever com precisão o uso de água da cultura a partir de dados meteorológicos. O uso de água, ET, é determinado pelo ajustamento do valor conhecido ou previsto de ETo com o valor adequado do coeficiente de cultura de (Kc). Às vezes,  $ET > ETo$ , o que indica que a cultura em questão utiliza mais água do que a cultura de referência; assim o coeficiente de cultura ultrapassa 1,0. Quando  $ET < ETo$ , o valor do coeficiente de cultura será inferior a 1,0.

Durante o período de crescimento, os valores de coeficiente de cultura começam baixos e aumentam à medida que a cobertura se desenvolve até que começam a diminuir com o início da senescência das culturas. Quando plotados ao longo do tempo, os valores dos coeficientes de cultura têm a forma de uma panela de cabeça para baixo. A melhor curva de ajuste dos valores de Kc plotados ao longo do tempo é referida como uma curva de coeficiente de cultura ou curva de Kc. Os valores reais do dia-a-dia ao longo da curva de Kc podem apresentar grandes variações.

O método da renovação de superfície (SR) foi desenvolvido para estimar os fluxos escalares e está sendo muito utilizado na Califórnia para determinação da  $E_{Tc}$  e consequentemente a determinação de  $K_c$  para as culturas que ainda não possuem uma referência regionalizada.

Este método inovador baseia-se em estruturas que medem as expulsões de ar a partir da superfície como características comuns. Enquanto parcelas de ar estão na superfície, elas vão aquecer ou esfriar. O calor é transferido DE ou PARA os elementos da copa das plantas (Snyder, et al. 2012). Utilizando uma torre com instrumentos (Estação Meteorológica SR) (Figura 12), em um único local, é possível aplicar este método e determinar diretamente a  $E_{Tc}$ .

A diferença em equipamentos de uma Estação SR e uma estação convencional que mede somente a  $E_{To}$  pode ser resumida em quatro equipamentos chaves: O medidor de radiação líquida para se medir o  $R_n$ , o medidor de fluxo de calor do solo e os termopares também para auxiliar na medição do  $G$ , e o  $H$  da equação do balanço de energia, pode ser medido pelos dois últimos equipamentos que são o medidor de velocidade do vento ultrassônico, e o par de termopares (diâmetro 76.2  $\mu m$ ) desenvolvidos pela Universidade da Califórnia, Davis. Estes equipamentos e a equação do balanço de energia estão apresentados na.



**Figura 12.** Estação SR instalada em plantios de Uva (E) e Arroz (D) na Califórnia (2013).

Durante os últimos anos, este método foi utilizado para medir a densidade de fluxo de calor sensível sobre pasto irrigado, arroz em casca, algodão e citros. O Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia está utilizando o SR para determinar o  $K_c$  em diversos cultivos do Programa CIMIS (California Irrigation Management Information System). O CIMIS é um projeto, que possui mais de 180 estações meteorológicas cobrindo toda a área irrigada da Califórnia para informar aos agricultores a  $E_{To}$  diária. No Brasil, um projeto similar ao CIMIS está sendo aplicado em uma área piloto no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú – DIBAU, no estado do Ceará. É o projeto Serviço de Assessoramento ao Irrigante – SAI e que desenvolveu o Sistema de Assessoramento ao Irrigante - S@I.

No modelo convencional (Figura 13) realizado pelo Sistema S@I no DIBAU, a  $E_{Tc}$  é obtida pelo envio dos dados climatológicos da estação para o sistema. Com esses dados, o sistema S@I gera a  $E_{To}$ , pois essa estação está instalada em uma área com grama conforme o padrão recomendado. Neste caso ela informa a evapotranspiração da grama ( $E_{To}$ ). Para se

obter a  $ET_c$  da cultura desejada, o sistema S@I possui uma tabela de  $K_c$ , extraída do manual 56 da FAO (Allen, et al. 1998) e de algumas pesquisas locais com alguns cultivos, os valores, muitas vezes podem não estar afinados com as especificidades locais. Isto ressalta ainda mais a necessidade de ser desenvolvido um Novo Modelo para dinamizar a determinação das necessidades das culturas e melhorar o acerto da informação. No Novo Modelo proposto e que pode ser visualizado na Figura 14, a estação SR esta instalada sobre a cultura desejada e poderá enviar diretamente as informações ao S@I e, com estes dados poderá ser obtido não somente a  $ET_o$ , mas já a  $ET_c$  (em tempo real) sem a necessidade de busca de tabelas de  $K_c$ . Além desta precisão, o serviço poderá disponibilizar uma nova tabela de  $K_c$  local, para ser utilizada por aqueles que não têm o sistema S@I como sistema padrão para o manejo da irrigação.



**Figura 13.** Modelo convencional de determinação da  $ET_c$  e do Tempo de Irrigação (TI)



**Figura 14.** Novo Modelo proposto de determinação da  $ET_c$  e do Tempo de Irrigação (TI) com a aplicação da tecnologia SR e a utilização do Sistema S@I.

As próximas etapas deste projeto devem ser as seguintes:

- Assegurar financiamento para a “prova de conceito” da Nova rede SIMIC do Médio e Baixo Jaguaribe com estações  $ET_o$  e SR. A proposta é uma rede de estações meteorológicas próprias para o cálculo  $ET_o$  (mínimo recomendável de 4 estações para área estudada) e de

uma rede de estações (Surface Renewal) para determinação da ETc (mínimo recomendável de 28 estações para área estudada);

- Realizar um estudo para identificar microclimas locais na região aperfeiçoando a determinação do número ótimo de estações necessárias para representar adequadamente a Região;
- Identificar locais potenciais com vento adequado para abrigar essas estações.

Será necessária a contratação de uma equipe qualificada para tal missão.

#### **EM RELAÇÃO À EQUIPE NECESSÁRIA:**

Para o estudo piloto, uma pessoa deve ser empregada em tempo integral para monitorar e manter as estações. Ajuda adicional será necessário para a estação de configurar. O responsável pela manutenção vai precisar de um conjunto de ferramentas para a criação e manutenção da estação. Se a comunicação com as estações é com modems de telefone celular, em seguida, haverá tarifas telefônicas mensais, e o custo total dependerá de taxas locais e, em seguida, o número de estações.

Outra pessoa deve ser empregada para manter os servidores e software para coletar e disseminar informações. Uma terceira pessoa deve ser empregada como um especialista em divulgação para incentivar a adoção e uso das informações pelos produtores.

Estas posições devem ser exclusivas para tal função, pois serão críticas para o sucesso do projeto piloto. Um veículo é necessário para a equipe viajar e manter a rede, além da divulgação. À medida que mais estações são adicionadas após o estudo-piloto, as necessidades de pessoal devem ser reavaliadas para garantir que o número de pessoas da equipe e horas atribuídas será suficiente para tornar a rede eficaz.

#### **ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (SSD) S@I WEB COM OS DADOS DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS E ESTIMATIVA DA REAL DEMANDA HÍDRICA DA BACIA.**

Inserindo a informação da área cultivada no Sistema S@I foi possível calcular a demanda hídrica apresentada pela bacia em estudo e realizar a comparação entre a lâmina anual utilizada (mm) e o volume total anual aplicado (m<sup>3</sup>) em cada setor demandante de água e a real demanda hídrica (mm) de cada cultura analisada e o volume anual necessário (m<sup>3</sup>).

A seguir apresentam-se os resultados:

TABELA 22: Alto Santo

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Feijão	110	900	608	990.000	669.647
Banana	32	2.400	1.850	768.000	592.000
Limão	23	1.259	1.222	289.570	281.087
Coco	1	2.500	1.927	25.000	19.270
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>7.059</b>	<b>5.607</b>	<b>2.072.570</b>	<b>1.562.004</b>
<b>Excesso de</b>				<b>510.566 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 23: Aracati

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Melão	1.600	1.590	707	25.440.000	11.325.280
Mamão	226	1.760	1.168	3.977.600	2.640.493
Melancia	200	1.280	950	2.560.000	1.899.480
Banana	103	2.400	1.850	2.472.000	1.905.500
Coco	75	2.500	1.927	1.875.000	1.445.250
Manga	46	1.300	833	598.000	383.285
Acerola	42	1.800	1.995	756.000	838.059
Maracujá	40	1.800	1.752	720.000	701.168
Goiaba	34	1.590	1.281	540.600	435.863
Feijão	10	900	608	90.000	60.877
<b>TOTAL</b>	<b>2.376</b>	<b>16.920</b>	<b>13.071</b>	<b>39.029.200</b>	<b>21.635.255</b>
<b>Excesso de</b>				<b>17.393.945 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 24: Deputado Irapuan Pinheiro

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Coco	1	2.500	1.927	25.000	19.270
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2.500</b>	<b>1.927</b>	<b>25.000</b>	<b>19.270</b>
<b>Excesso de</b>				<b>5.730 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 25: Fortim

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Coco	92	2.500	1.927	2.300.000	1.772.840
Acerola	21	1.800	1.995	378.000	419.029
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>	<b>4.300</b>	<b>3.922</b>	<b>2.678.000</b>	<b>2.191.869</b>
<b>Excesso de</b>				<b>486.131 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 26: Icapuí

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Melão	3.000	1.590	707	47.700.000	21.234.900
Melancia	400	1.280	950	5.120.000	3.798.960
Coco	264	2.500	1.927	6.600.000	5.087.280
Acerola	6	1.800	1.995	108.000	119.722
<b>TOTAL</b>	<b>3.670</b>	<b>7.170</b>	<b>5.579</b>	<b>59.528.000</b>	<b>30.240.862</b>
<b>Excesso de</b>				<b>29.287.138 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 27: Icó

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Feijão	200	900	608	1.800.000	1.217.540
Banana	126	2.400	1.850	3.024.000	2.331.000
Coco	40	2.500	1.927	1.000.000	770.800
<b>TOTAL</b>	<b>366</b>	<b>5.800</b>	<b>4.385</b>	<b>5.824.000</b>	<b>4.319.340</b>
<b>Excesso de</b>				<b>1.504.660 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 28: Iracema

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Graviola	2	700	1.222	14.000	24.442
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>700</b>	<b>1.222</b>	<b>14.000</b>	<b>24.442</b>
<b>Economia de</b>				<b>10.442 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 29: Itaipaba

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Cana	800	1.200	1.550	9.600.000	12.403.600
Coco	27	2.500	1.927	675.000	520.290
Graviola	9	700	1.222	63.000	109.990



Acerola	7	1.800	1.995	126.000	139.676
Feijão	5	900	608	45.000	30.438
<b>TOTAL</b>	<b>848</b>	<b>7.100</b>	<b>7.302</b>	<b>10.509.000</b>	<b>13.203.994</b>
<b>Economia de</b>				<b>2.694.994 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 30: Jaguaretama

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Coco	3	2.500	1.927	75.000	57.810
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>2.500</b>	<b>1.927</b>	<b>75.000</b>	<b>57.810</b>
<b>Excesso de</b>				<b>17.190 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 31: Jaguaribara

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Goiaba	70	1.590	1.281	1.113.000	897.365
Mamão	40	1.760	1.168	704.000	467.344
Coco	7	2.500	1.927	175.000	134.890
<b>TOTAL</b>	<b>117</b>	<b>5.850</b>	<b>4.376</b>	<b>1.992.000</b>	<b>1.499.599</b>
<b>Excesso de</b>				<b>492.401 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 32: Jaguaribe

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Feijão	100	900	608	900.000	608.770
Coco	25	2.500	1.927	625.000	481.750
<b>TOTAL</b>	<b>125</b>	<b>3.400</b>	<b>2.535</b>	<b>1.525.000</b>	<b>1.090.520</b>
<b>Excesso de</b>				<b>434.480 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 33: Jaguaruana

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Cana	1.800	1.200	1.550	21.600.000	27.908.100
Arroz	1.603	3.200	3.114	51.296.000	49.917.420
Acerola	450	1.800	1.995	8.100.000	8.979.210
Manga	290	1.300	833	3.770.000	2.416.367
Goiaba	142	1.590	1.281	2.257.800	1.820.369
Banana	140	2.400	1.850	3.360.000	2.590.000
Feijão	60	900	608	540.000	365.262
Coco	40	2.500	1.927	1.000.000	770.800
Melancia	30	1.280	950	384.000	284.922
Melão	30	1.590	707	477.000	212.349
Graviola	14	700	1.222	98.000	171.096

TOTAL	4.599	18.460	16.037	92.882.800	95.435.895
<b>Economia de</b>				<b>2.553.095 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 34: Limoeiro do Norte

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Banana	2.130	2.400	1.850	51.120.000	39.405.000
Milho	1.890	1.300	1.231	24.570.000	23.266.845
Melão	800	1.590	707	12.720.000	5.662.640
Arroz	500	3.200	3.114	16.000.000	15.570.000
Capim	441	2.520	1.333	11.113.200	5.879.235
Limão	380	1.259	1.222	4.784.200	4.644.056
Feijão	350	900	608	3.150.000	2.130.695
Goiaba	294	1.590	1.281	4.674.600	3.768.933
Melancia	134	1.280	950	1.715.200	1.272.651
Coco	56	2.500	1.927	1.400.000	1.079.120
Algodão	46	513	756	235.980	347.760
Manga	34	1.300	833	442.000	283.298
Macaxeira	24	720	881	172.800	211.512
Mamão	19	1.760	1.168	334.400	221.988
Sorgo	9	1.000	1.133	90.000	102.049
Acerola	6	1.800	1.995	108.000	119.722
Palma	6	400	611	24.000	36.663
Caju	1	700	763	7.000	7.638
Cana	1	1.200	1.550	12.000	15.504
Uva	1	1.700	616	17.000	6.162
<b>TOTAL</b>	<b>7.122</b>	<b>28.374</b>	<b>24.529</b>	<b>132.690.380</b>	<b>104.031.471</b>
<b>Excesso de</b>				<b>28.658.909 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 35: Morada Nova

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Arroz	700	3.200	3.114	22.400.000	21.798.000
Feijão	120	900	608	1.080.000	730.524
Capim	113	2.520	1.333	2.847.600	1.506.470
Banana	38	2.400	1.850	912.000	703.000
Coco	5	2.500	1.927	125.000	96.350
Goiaba	3	1.590	1.281	47.700	38.458
<b>TOTAL</b>	<b>979</b>	<b>13.110</b>	<b>10.113</b>	<b>27.412.300</b>	<b>24.872.802</b>
<b>Excesso de</b>				<b>2.539.498 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 36: Orós

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Feijão	27	900	608	225.000	152.192
Banana	7	2.400	1.850	168.000	129.500
Coco	5	2.500	1.927	125.000	96.350
TOTAL	39	5.800	4.385	518.000	378.042
<b>Excesso de</b>				<b>139.958 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 37: Pereiro

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Palma	60	400	611	240.000	366.636
Feijão	18	900	608	162.000	109.578
Coco	2	2.500	1.927	50.000	38.540
TOTAL	80	3.800	3.146	452.000	514.754
<b>Economia de</b>				<b>62.754 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 38: Quixeré

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m³)	Volume anual necessário (m³)
Banana	2.262	2.400	1.850	54.288.000	41.847.000
Melão	1.150	1.590	707	18.285.000	8.140.045
Manga	238	1.300	833	3.094.000	1.983087
Mamão	197	1.760	1.168	3.467.200	2.301.669
Goiaba	129	1.529	1.281	2.051.100	1.653.715
Melancia	100	1.280	950	1.280.000	949.740
Arroz	70	3.200	3.114	2.240.000	2.179.800
Feijão	60	900	608	540.000	365.262
Coco	59	2.500	1.927	1.475.000	1.136.930
Limão	33	1.259	1.222	415.470	403.299
Acerola	5	1.800	1.995	90.000	99.769
Tomate	5	1.235	1.066	61.750	53.314
Graviola	3	700	1.222	21.000	36.663
<b>TOTAL</b>	<b>4.311</b>	<b>21.453</b>	<b>17.943</b>	<b>87.308.520</b>	<b>61.150.293</b>
<b>Excesso de</b>				<b>26.158.227 m³</b>	

TABELA 39: Russas

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m³)	Volume anual necessário (m³)
Banana	1.183	2.400	1.850	28.392.000	21.885.500
Melão	760	1.590	707	12.084.000	5.379.508
Goiaba	549	1.590	1.281	8.729.100	7.037.905
Melancia	210	1.280	950	2.688.000	1.994.454
Coco	203	2.500	1.927	5.075.000	3.911.810
Feijão	160	900	608	1.440.000	974.032
Capim	128	2.520	1.333	3.225.600	1.706.444
Sorgo	122	1.000	1.133	1.220.000	1.383.333
Cana	95	1.200	1.550	1.140.000	1.472.927
Arroz	60	3.200	3.114	1.920.000	1.868.400
Laranja	59	1.259	1.374	742.810	811.185
Abacaxi	48	1.100	1.305	528.000	626.683
Caju	45	700	763	315.000	343.723
Mamão	36	1.760	1.168	633.600	420.609
Abacate	33	2.300	1.144	759.000	377.658
Macaxeira	33	720	881	237.600	290.829
Acerola	32	1.800	1.995	576.000	638.521
Tomate	21	1.235	1.066	259.350	223.918
Uva	20	1.700	616	340.000	123.244
Manga	8	1.300	833	104.000	66.658
Milho	8	1.300	1.231	104.000	98.484
Maracujá	5	1.800	1.752	90.000	87.646
<b>TOTAL</b>	<b>174</b>	<b>35.154</b>	<b>28.581</b>	<b>70.603.060</b>	<b>51.723.471</b>
<b>Excesso de</b>				<b>18.879.589 m³</b>	

TABELA 40: São João do Jaguaribe

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Banana	278	2.400	1.850	6.672.000	5.143.000
Arroz	250	3.200	3.114	8.000.000	7.785.000
Limão	93	1.259	1.222	1.170.870	1.136.571
Feijão	100	900	608	900.000	608.770
Coco	2	2.500	1.927	50.000	38.540
<b>TOTAL</b>	<b>723</b>	<b>10.259</b>	<b>8.721</b>	<b>16.792.870</b>	<b>14.771.881</b>
<b>Excesso de</b>				<b>2.020.989 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 41: Solonópole

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Coco	3	2.500	1.927	75.000	57.810
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>2.500</b>	<b>1.927</b>	<b>75.000</b>	<b>57.810</b>
<b>Excesso de</b>				<b>17.190 m<sup>3</sup></b>	

TABELA 42: Tabuleiro do Norte

Cultura	ha	Lâmina anual aplicada (mm)	Lâmina real necessária (mm)	Volume anual aplicado (m <sup>3</sup> )	Volume anual necessário (m <sup>3</sup> )
Arroz	185	3.200	3.114	5.920.000	5.760.900
Limão	182	1.259	1.222	2.291.380	2.224.258
Banana	122	2.400	1.850	2.928.000	2.257.000
Coco	18	2.500	1.927	450.000	346.860
Feijão	15	900	608	135.000	91.315
Palma	7	400	611	28.000	42.774
<b>TOTAL</b>	<b>529</b>	<b>10.659</b>	<b>9.332</b>	<b>11.752.380</b>	<b>10.723.107</b>
<b>Excesso de</b>				<b>1.029.273 m<sup>3</sup></b>	

Total do volume anual retirada da Bacia pelos cultivos irrigados: **563.759.080m<sup>3</sup>**

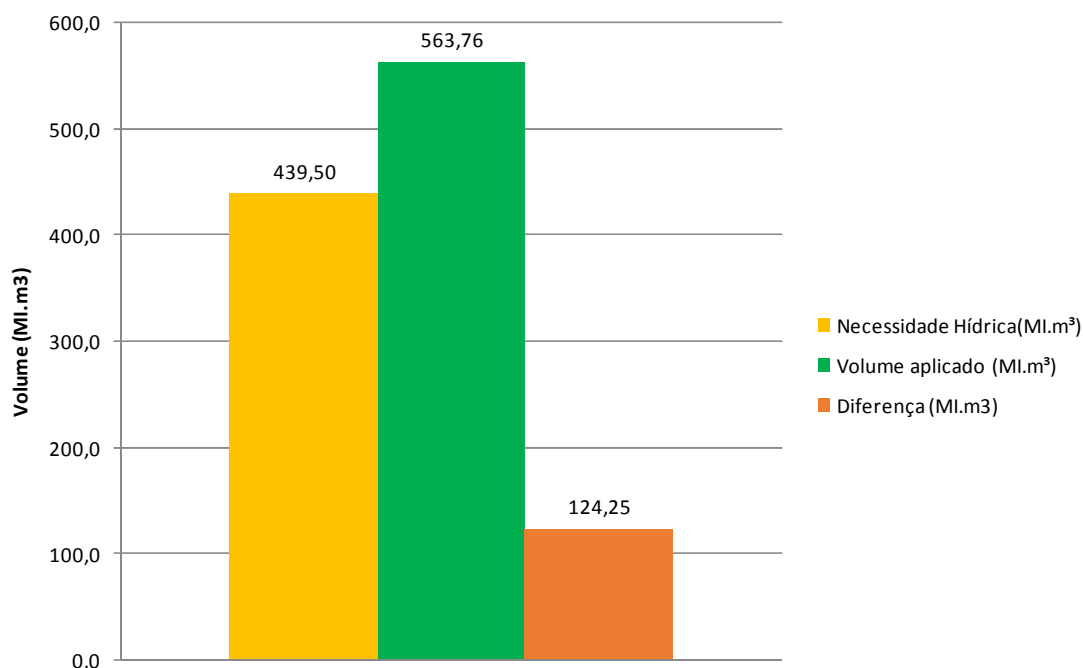
Total do volume anual demandada da Bacia pelos cultivos irrigados: **439.504.491m<sup>3</sup>**

O que resulta em uma retirada em volume de água de **22%** a mais do que a necessária.

Volume utilizado pelo camarão: **127. 212.800m<sup>3</sup>**

Importante destacar que supostamente os municípios de Aracati e Jaguaruana utilizam água salina (imprópria para irrigação), com um volume total de **100.742.400 m<sup>3</sup>**, caso um laudo de análise da água confirme tal informação este volume deve ser considerado.

**TOTAL (cultivos irrigados + camarão): 690.971.880m<sup>3</sup> anuais**



**Figura 15.** Simulação de uma possível economia de água no setor agropecuário

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

### 5.1 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que esse documento pode ser considerado como um estudo de caráter estratégico, que servirá de subsídio à formulação de políticas públicas para o setor de irrigação, as quais impactam, direta ou indiretamente, a expansão, o aprimoramento e o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.

Desta forma, acreditamos que o Governo do Estado do Ceará pode com isso definir um plano estratégico para a agricultura irrigada no Estado neste momento de crise hídrica e este documento deve servir de base.

As culturas a serem implantadas devem seguir os critérios indicados neste estudo e o corte hídrico sugerido para cada cultivo e município aqui apresentado, será um diferencial na gestão dos recursos hídricos no Estado;

De acordo com este documento, o cultivo do arroz inundado é inviável para a Bacia e a criação do camarão pode ser viável se a água utilizada para sua produção for comprovadamente imprópria para irrigação (salina), respeitando logicamente os cortes indicados.

Pelos resultados obtidos até aqui, deve ser incentivado do cultivo da palma forrageira, além do incentivo do cultivo de uva por apresentar alta rentabilidade e causar um alto impacto social na geração de emprego.

Ressaltamos que este é apenas o início da discussão, mas a base do modelo, já está preparada para os ajustes futuros necessários. Porém, as conclusões aqui apresentadas não terão efeito sem que as recomendações finais deste documento sejam seguidas.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES.

De acordo com os resultados e os pareceres dos consultores envolvidos, as seguintes recomendações podem ser apresentadas:

1) Criar um Comitê Permanente para a Agricultura Irrigada no Estado. Este comitê funcionará com as premissas apresentadas na Figura 16;

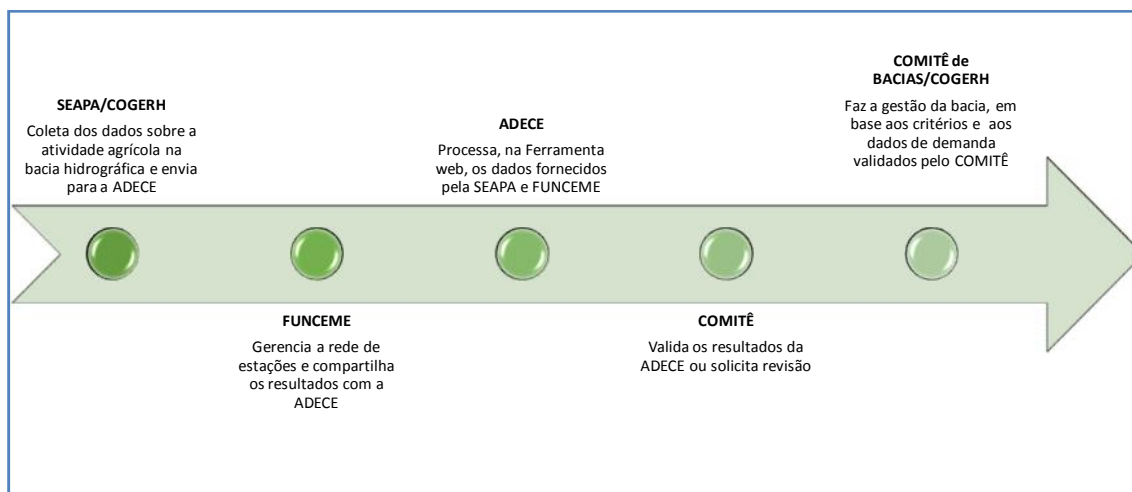


Figura 16. Metodologia de execução do trabalho do Comitê proposto

- 2) Utilizar a metodologia aqui apresentada como uma referência para a tomada de decisão da alocação de água para agricultura;
- 3) Realizar a gestão do uso da água na irrigação com a utilização de um sistema de suporte a decisão (SSD), conforme foi utilizado neste estudo o Sistema S@I, como uma ferramenta gestora da definição dos critérios;
- 4) Atualizar bimestralmente os dados de entrada para abastecimento da ferramenta gestora definido em reuniões do comitê proposto;
- 5) Criar e manter uma rede de estações meteorológicas próprias para o cálculo ETo (mínimo recomendável de 4 estações para área estudada) e de uma rede de estações (Surface Renewal) para determinação da ETc (mínimo recomendável de 28 estações para área estudada). Será necessária a contratação de uma equipe qualificada para tal missão;
- 6) Realizar o estudo dos indicadores em todas as bacias hidrográficas do Estado do Ceará;
- 7) Elaborar um programa de capacitação para os usuários de água da Bacia referente ao manejo da irrigação;
- 8) Incentivar a integração entre a Secretaria de Agricultura, Pesca e Aquicultura (SEAPA), da Companhia de gestão dos Recursos Hídricos – COGERH e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME para utilizar este plano.

## 6. EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA.

Para a realização de um trabalho desta importância, buscou-se trazer consultores com reconhecida competência nacional e internacional sobre o assunto. Podemos destacar os seguintes resumos dos currículos de alguns profissionais envolvidos:

### 6.1 POR PARTE DO INSTITUTO CENTEC

#### **Francisco de Souza**

Professor titular da Universidade Federal do Ceará (aposentado), possui mestrado em Irrigação e Drenagem pela Escola Nacional de Agricultura, México (1974) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade da Califórnia (1981), área de Concentração em Irrigação e Drenagem, com duas áreas de apoio: matemática e hidráulica aplicadas. Atualmente é pesquisador visitante na Universidade da Califórnia, Davis, no Department of Land, Air and Water Resources (LAWR) desenvolvendo pesquisas voltadas para modelos de serviços de assessoramento ao irrigante e micrometeorologia aplicada à irrigação.

#### **José Antônio Frizzone**

Professor Titular da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) é pesquisador nível 1A e membro do Comitê de Assessoramento do CNPq. Prof. Frizzone possui doutorado em Agronomia pela USP (1986) e é o Coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCT-EI) que tem sede na ESALQ/USP. Coordenou o Projeto Serviço de Assessoramento ao Irrigante - SAI, projeto executado no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú-CE.

#### **Débora Costa Camargo**

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2008), M.Sc em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (2010) e Ph.D em Ciencia e Ingeniería Agrária pela Universidad de Castilla-La Mancha (2013). Fez pós-doutorado também na Universidad de Castilla-La Mancha (2014) Foi coordenadora local do projeto de Serviço de Assessoramento ao Irrigante no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú-CE e atualmente é professora do programa de capacitação para a irrigação em todo o Brasil, contrato ANA-INOVAGRI.

#### **Rodrigo Ribeiro Franco Vieira**

Engenheiro Agrônomo, Especialista em Irrigação e Drenagem, desenvolve estudos de viabilidade, tendo participado de diversos Planos Diretores de Recursos Hídricos, dezenas de projetos de adutoras, irrigação, estudos voltados para economia de água, eficiência e conversão de sistemas de irrigação, estudos de energia elétrica voltada para irrigação,



implantação de sistema nacional de preços de equipamentos de irrigação, estudos hidráulicos diversos, tendo sido co-autor de trabalhos agraciados com a Menção honrosa no Bahia Ambiental 2005, PRÊMIO ECO 2009, Selo Verde ECOLMÉIA 2011, 4º colocado no Prêmio ANA 2010, Prêmio Fundação Banco do Brasil 2013, dentre outros.

#### **Joaquim Moreira Viana**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Ceará (1993), MsC em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (1999), Professor Substituto do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará entre os anos de 1996 e 1998; Professor Substituto da Universidade Estadual do Vale do Acaraú, entre os anos de 2003 e 2006; Participou da concepção e desenvolvimento do Sistema de Assessoramento ao Irrigante - S@I e atuação no Serviço de Assessoramento ao Irrigante junto ao Distrito de irrigação Baixo Acaraú, 2011.

#### **Francisco Jardel Rodrigues da Paixão**

Professor e coordenador do Curso superior em Tec. Em Agronegócio na Faculdade de Tecnologia Centec/Fatec Sertão Central, possui graduação em Recursos Hídricos e Irrigação pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC) (2003), Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem, pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (2010).

#### **Silas Barros de Alencar**

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (1993) e mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (1999); é professor titular do Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Atualmente é Diretor de Ensino do Instituto CENTEC.

#### **Richard Leslie Snyder**

Ph.D. em Climatologia Agrícola pela Universidade do Estado de Iowa, Dr. Snyder possui especialidade em biometeorologia, climatologia, manejo da irrigação, modelagem de evapotranspiração, proteção contra geadas, balanço de energia em áreas irrigadas e análise de riscos climáticos. Foi um dos criadores do California Irrigation Management Information System (CIMIS). Atualmente é especialista em Meteorologia da University of Califórnia, Davis e trabalha com o Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia em diversos Projetos.

#### **Cayle Little**

Mestre em Horticultura e Agronomia pela Universidade da Califórnia, Davis, onde se especializou em relações hídricas de plantas é membro cientista do Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia na Land and Water Division. Sua principal responsabilidade inclui liderar o projeto determinação dos coeficientes de cultura (Kc). Isso implica planejamento e implementação de estações meteorológicas, treinando e ajudando a equipe regional e colaboradores, gestão de coleta de dados, análise de dados, equipamentos de calibração, pesquisa e integração do produto. Ele também é responsável pela calibração, manutenção, pesquisa do programa CIMIS.

## **POR PARTE DA ADECE**

### **Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima**

Engenheiro Agrônomo e mestre em Irrigação e Drenagem pela UFC fez doutorado em Ciências, área de concentração em Irrigação e Drenagem pela ESALQ/USP (2009) com estágio sanduíche em Córdoba - Espanha no Instituto de Agricultura Sostenible (IAS/CSIC). De Novembro de 2012 a Outubro de 2013 fez Pós-doutorado com bolsa do CNPq na Universidade da Califórnia, Davis onde foi Pesquisador Visitante no Department of Land, Air and Water Resources (LAWR) desenvolvendo pesquisas voltadas para modelos de serviços de assessoramento ao irrigante e micrometeorologia aplicada à irrigação. Atualmente exerce o cargo de Diretor de Agronegócios da ADECE.

### **José Sérgio Baima Magalhães**

Engenheiro Agrônomo pela UFC é especialista em mercado e projetos. Atualmente é Gerente de Mercado e Projetos da Diretoria de Agronegócios da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará – ADECE.

### **Pedro Henrique Martins Lopes**

Possui graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (1998) e mestrado em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (2008). Atualmente é Gerente de Agronegócios da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em Análise Presuntiva em Camarões Cultivados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. ; PRUITT, W ; WRIGHT, J ; HOWELL, T ; VENTURA, F ; SNYDER, R ; ITENFISU, D ; STEDUTO, P ; BERENGENA, J ; YRISARRY, J . A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. *Agricultural Water Management (Print)*, v. 81, p. 1-22, 2006.

CASTELLVÍ, F., R. L. SNYDER, D. D. BALDOCCHI, AND A. MARTÍNEZ-COB. A comparison of new and existing equations for estimating sensible heat flux using surface renewal and similarity concepts. *Water Resource Research*, 42, W08406, doi:10.1029/2005WR004642. 2006

CORCOLES, J. I. ; FRIZZONE, J. A. ; LIMA, S. C. R. V. ; MATEOS, L. ; NEALE, C. M. U. ; SNYDER, R. L. ; SOUZA, F. . Irrigation Advisory Service and Performance Indicators in Baixo Acaraú Irrigation District, Brazil. *Irrigation and Drainage*,  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.1941/abstract>, 2015.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. ; SOUZA, J. L. M. ; ZOCOLER, J. L. . Planejamento da Irrigação: Análise de decisão de investimento. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. v. 1. 627p .

FRIZZONE, José Antônio . Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 1, p. 24-49, 2007.

KELLER, J. ; MATEOS, L. ; GOMEZ-MACPHERSON, H. ; SOUZA, F. ; FRIZZONE, J. A. ; LIMA, S. C. R. V. . Using the Baixo Acaraú Irrigation District as a Learning Laboratory. In: Silvio Carlos Ribeiro Vieira Lima; Francisco de Souza; Manoel Valnir Júnior; José Antônio Frizzone; Hans Raj Gheyi. (Org.). *Technological innovations in irrigation engineering: impact on climate change, water quality and transfer of technology*. 1ed. Fortaleza: , 2014, v. 1, p. 269-276

LIMA, S. C. R. V. ; SOUZA, F. ; FRIZZONE, J. A. ; CAMARGO, D. C. ; BELTRAO JUNIOR, J. A. ; 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, p. 1-13, 2015.

LIMA, S. C. R. V. ; SOUZA, F. ; VALNIR JÚNIOR, Manoel ; FRIZZONE, J. A. ; GHEYI, H. R. . Technological innovations in irrigation engineering: impact on climate change, water quality and transfer of technology. 1. ed. Fortaleza: INOVAGRI, 2014. v. 1. 276p .

NASCIMENTO, A. K. S. ; Tarjuelo, J. M. ; LIMA, S. C. R. V. ; ROMERO, A. M. ; FRIZZONE, J. A. . Desarrollo, implementación y beneficios del Sistema de Asesoramiento al Regante - SAI en Brasil. In: XXXIII CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS, 2015, Valência. CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS. Madrid: AERYD, 2015.

ORANG, M., SNYDER, R.L., GENG, S., HART, Q. SARRESHTEH, S., ECHING, S. California Simulation of Evapotranspiration of Applied Water and Agricultural Energy Use in California. *J. of Integrated Agriculture* 12(8): 1371-1388. 2013

SANTOS JÚNIOR, J. L. C. DOS ; FRIZZONE, J. A. ; PAZ, VITAL P. DA S. . Water use optimization through alternative water depths in the Formoso Irrigation District. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 19, p. 621-629, 2015.

SHAPLAND, T.M., SNYDER, R.L., SMART, D.R., AND WILLIAMS, L.E. Estimation of actual evapotranspiration in winegrape vineyards located on hillside terrain using surface renewal analysis. Irrigation Science: Volume 30, Issue 6 (2012), 471-484. 2012

SNYDER, R.L. and W.O. PRUITT. Evapotranspiration data management in California. Irrigation and Drainage Session Proceedings Water Forum 1992, ASCE. August 2-6, 1992, Baltimore, MD, pp.128-133. 1992

SNYDER, R.L. California Irrigation Management Information System. American Potato Journal, 61: 229-234. 1984