



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

**ANTONIO ERILDO LEMOS PONTES**

**INDICADORES DE IRRIGAÇÃO E PARA AUTOGESTÃO DO DISTRITO DE  
IRRIGAÇÃO DO PROJETO TABULEIROS DE RUSSAS, CE**

**FORTALEZA**

**2024**

ANTONIO ERILDO LEMOS PONTES

INDICADORES DE IRRIGAÇÃO E PARA AUTOGESTÃO DO DISTRITO DE  
IRRIGAÇÃO DO PROJETO TABULEIROS DE RUSSAS, CE

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

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

Coorientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- P858i Pontes, Antonio Erildo Lemos.  
Indicadores de irrigação e para autogestão do Distrito de Irrigação do Projeto Tabuleiros de Russas, CE /  
Antonio Erildo Lemos Pontes. – 2024.  
82 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.
1. Gestão de recursos hídricos. 2. Indicadores técnicos e socioeconômicos. 3. Baixo Jaguaribe. I. Título.  
CDD 630
-

ANTONIO ERILDO LEMOS PONTES

INDICADORES DE IRRIGAÇÃO E PARA AUTOGESTÃO DO DISTRITO DE  
IRRIGAÇÃO DO PROJETO TABULEIROS DE RUSSAS, CE

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

APROVADA: 15/03/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Vandemberk Rocha de Oliveira, Dr.  
Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Ceará - SDE

---

Prof. Manoel Valnir Júnior, Dr.  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará - IFCE

## **DEDICO**

Aos meus pais Francisco Balacó e Verônica  
Artemiza, “IN MEMORIAN”

À minha filha Thalya

Às minhas irmãs Vânia, Terezinha e Constância

À minha Tia e Madrinha Lídia (Segunda Mãe).

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, nosso maior protetor e razão de minha existência, por me conceder saúde e disposição para chegar até aqui depois de muitos anos fora de uma sala de aulas.

À Universidade Federal do Ceará - UFC, por mais esta oportunidade de aprender conhecimentos novos para uso em minha vida profissional.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola - DENA da UFC, pela oportunidade de realização desta Pós-graduação.

Ao meu Orientador e amigo, Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa que, com sua destacada dedicação, competência, paciência e confiança, sempre soube valorizar, incentivar e priorizar as ações necessárias ao bom andamento do meu projeto.

Ao meu Coorientador e amigo, Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda com quem primeiro conversei sobre a minha proposta de enfrentar este Mestrado, do qual recebi todo o apoio antes e durante todo o decorrer do curso.

Aos professores do DENA - Departamento de Engenharia Agrícola da UFC que ministraram as aulas das Disciplinas que participei: Raimundo Nonato, Claudivan Feitosa, Alessandro Oliveira, Thales Viana, Viviana Castro, Viviane Barros, Fernando Bezerra, José Carlos, Carlos Alexandre, Isabel Cristina, Alan Sousa, Luís Camboim, Geocleber Sousa, Arnaldo Sales, Paulo Gleisson e Marlos Bezerra, pelos ensinamentos, discussões técnicas e pelo repasse de conhecimentos essenciais para meu aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Ao Secretário Executivo do Agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Ceará - SDE e amigo, Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima por seu pronto consentimento e incentivo à realização deste Mestrado permitindo a dedicação de parte de meu tempo da SDE, para assistir aulas presenciais na UFC.

Ao meu amigo e colega de trabalho Dr. Vandemberk Rocha de Oliveira, que sempre esteve disponível nos momentos de dúvidas nas várias ocasiões em que lhe procurei.

Ao meu amigo Aridiano Belk de Oliveira, Gerente Executivo do Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas - DISTAR, que muito gentilmente disponibilizou os dados do Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

Ao meu Amigo Pessoal de algumas décadas José Nunes de Almeida Neto que sempre foi um grande estimulador em momentos que eu achava que não conseguiria.

Ao meu Amigo Irmão Vicente de Castro Barbosa que, mesmo não sendo do meu mesmo sangue, o destino nos aproximou através de seu Pai Paulo Souza Barbosa um Amigo

Irmão muito especial de décadas de excelente convivência, que tem me ajudado sem restrições nas minhas empreitadas e que muito me apoiou nas minhas mais recentes conquistas.

Aos Colaboradores do DISTAR, Engenheira Agrônoma Tatiane de Araújo Moura e o Leiturista Gláucio Jean Ribero que contribuíram disponibilizando dados dos lotes do perímetro para os cálculos deste projeto, sempre com a muita presteza e dedicação.

Aos produtores do perímetro João Teixeira, Leonardo Pinho, Marciano Bezerra e Ronaldo Pilotti, pela disponibilização de dados primários essenciais para os cálculos deste projeto.

A todos os colegas de trabalho da Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Ceará - SDE que sempre demonstraram compreensão por minha dedicação a este Mestrado e sempre estiveram disponíveis para contribuir com alguma informação quando procurados.

À minha filha, Thalya Cristina Freire Pontes, por seu incentivo e motivação necessários nos momentos mais difíceis desta jornada de alguém que já estava há muitos anos fora de uma sala de aula.

Às minhas irmãs Vânia Maria, Terezinha e Constância Alice, que sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial, fazendo-me enxergar que quando se quer algo de verdade, tudo é possível.

À minha Madrina e segunda mãe Lídia Brito de quem sempre recebi carinho e admiração por minhas conquistas.

Aos amigos e amigas com quem participei das disciplinas deste curso de Mestrado, sempre muito disponíveis e solícitos para contribuir comigo: Fábio Oliveira, Gleyciane Lins, Josiana do Nascimento, Márcio Freire, Davi Rodrigues, Amauri Mendonça, Ingrid Nojosa, Danilo Nogueira, Valsergio Barros, Alex Leonel, Geovana Goes, Andreza Silva, Aloys Edilon, Rute Rocha, Érika Roanna, Antonio Fábio, Ugo Leonardo, Eduardo Lima, Noely Viana, Karoline Almeida, Arianna Elizabeth, Girna dos Santos, Fausto Sales, Hermeson Costa, Jonnathan Sales, Kleyton Chagas, Samuel de Oliveira, Lilian Dionízio, Luiza Macedo, Willame Alberto, Gardeane da Silva, Henderson Castelo, Jefferson Ferreira, Maiane Alves, Diogo Sales, Géssica Moraes, Juliette Freitas, Felipe Hermínio, Vanessa Pires, Josiely Rodrigues, Magaly Condori, Artur Mariano, Moacir Rabelo, José Marcelo e Moisés Brito. Fiquem certos de que vocês sempre estarão presentes em minhas lembranças.

Aos funcionários da UFC, especialmente aos do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC - DENA, que contribuíram de forma positiva para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para essa minha conquista.

**MEUS PRINCÍPIOS PARA SE VIVER BEM:**

Empatia gera empatia

Gentileza gera gentileza

GRATIDÃO: abre portas

SORRISO: conquista pessoas

Desejar ser sempre uma Pessoa melhor

Afirmar querer ser sempre uma pessoa melhor

Acreditar que Deus sempre pode nos fazer uma pessoa melhor

Respeito ao próximo

Ouvir mais e falar menos

Ajudar sem esperar retorno

Aceitar opiniões diferentes...

## RESUMO

A pesquisa foi realizada no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, administrado e operado pelo Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas - Distar, tendo como objetivo geral avaliar o desempenho da irrigação em nível de parcela irrigada e a capacidade de autogestão do Distrito de Irrigação. A pesquisa teve como objetivos específicos: Analisar os valores do Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI), avaliar os principais sistemas de irrigação em operação no Projeto de Irrigação e avaliar indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação na perspectiva da autogestão. As avaliações se fazem necessárias considerando-se as várias reestruturações que passa o setor da irrigação no Brasil e aos elevados investimentos alocados pela União em projetos públicos de irrigação. O manejo da água em nível de parcela irrigada foi analisado por meio do indicador Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI). Os sistemas de irrigação foram avaliados em base aos indicadores Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE). No tocante à capacidade de autogestão do Distrito de Irrigação foram analisados os seguintes indicadores de desempenho: Autossustentabilidade, Custo para o Distrito de um Hectare em Produção, Percentual da Produção necessário à Operação e Manutenção (O&M), Geração de Receita por Hectare (IGRH), Produtividade da Água (PAir), Coeficiente de Utilização da Terra (CUT) e Inadimplência da tarifa de água  $K_2$ . Os resultados permitiram as seguintes conclusões: Os valores do indicador Fornecimento Relativo de Irrigação, em especial os obtidos em lotes de pequenos produtores, sinalizam para um manejo empírico da irrigação com tendência para aplicação de água em excesso, carecendo de ações de capacitação e de sensibilização dos agricultores irrigantes quanto ao uso racional do recurso hídrico disponível. Os valores do indicador coeficiente de uniformidade de distribuição da água aplicada em praticamente 60% dos sistemas de irrigação avaliados, os classifica na faixa de razoável a ruim quanto à operação e, portanto bem aquém da sua condição potencial, refletindo assim a necessidade de um processo de conscientização sobre a importância da irrigação no contexto do sistema de produção e no porte dos agricultores irrigantes avaliados. A não garantia hídrica para atender o incremento de área cultivada no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas evidenciada na crise hídrica de 2012 a 2017, a qual proporcionou uma redução de área irrigada de 66,2%, foi determinante para aumentar as dificuldades em busca da autogestão financeira do Distrito de Irrigação.

**Palavras-chave:** gestão de recursos hídricos; indicadores técnicos e socioeconômicos; Baixo Jaguaribe.

## ABSTRACT

The study was conducted at Tabuleiros de Russas Irrigation Project, managed by Tabuleiros de Russas Irrigation District (Distar). The main goal was to assess irrigation performance at the plot level and the district's self-management capability. Specific objectives included analyzing Relative Irrigation Supply (FRI), evaluating primary irrigation systems in use, and assessing Irrigation District performance indicators from a self-management perspective. These evaluations are essential due to various changes in Brazil's irrigation sector and significant public investments in irrigation projects. Water management at the plot level was analyzed using the Relative Irrigation Supply (FRI) indicator. Irrigation systems were assessed using Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), Distribution Uniformity Coefficient (CUD), and Statistical Uniformity Coefficient (CUE). To evaluate the self-management capacity of Irrigation District, several performance indicators were analyzed: Self-sustainability, Cost per Hectare in Production, Percentage of Production needed for Operation and Maintenance (O&M), Revenue Generation per Hectare (IGRH), Water Productivity (PAir), Land Utilization Coefficient (CUT), and Water Fee Default Rate (K2). Results led to the following conclusions: Relative Irrigation Supply values, especially in small producers' plots, indicate empirical irrigation practices with a tendency to overwater. This highlights the need for training and raising awareness among farmers about rational water use. Water distribution uniformity in about 60% of evaluated irrigation systems ranged from reasonable to poor, indicating underperformance and a need for awareness regarding efficient irrigation in the production system. The water crisis from 2012 to 2017 that caused a 66.2% reduction in irrigated area highlighted the lack of water reliability to support expansion of cultivated areas in Tabuleiros de Russas Irrigation Project. This situation significantly increased challenges in achieving financial self-management for the Irrigation District.

**Keywords:** water resources management; technical and socioeconomic indicators. Lower Jaguaribe.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Fornecimento relativo de irrigação dos cultivos avaliados.....	41
Figura 2	– Indicador de Autossustentabilidade do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - CE, no período de 2012 à 2022.....	49
Figura 3	– Dinâmica do processo da transferência de gestão.....	50
Figura 4	– Custo de Um Hectare em Produção no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	51
Figura 5	– Percentual de Produção Necessária para O & M, no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas, no período de 2012 a 2022.....	53
Figura 6	– Geração de receita por hectare no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	55
Figura 7	– Produtividade da água de Irrigação no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	56
Figura 8	– Valor bruto da produção em função do volume de água aplicado.....	57
Figura 9	– Coeficiente de Utilização da Terra, no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	59
Figura 10	– Inadimplência da tarifa de água K <sub>2</sub> no Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará no período de 2012 a 2022.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Número de plantas por hectare para diferentes culturas e espaçamentos.....	27
Tabela 2	– Classificação do CUD, CUC e CUE para sistemas de irrigação por microaspersão.....	29
Tabela 3	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 8,11ha com abacateiro (lote C-190 de pequeno produtor).....	35
Tabela 4	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 2,17 ha com aceroleira (lote C-344 de pequeno produtor).....	36
Tabela 5	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 5,77 ha com bananeira (lote C-30 de pequeno produtor).....	37
Tabela 6	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 8,01 ha com bananeira (lote C-515 de empresário).....	38
Tabela 7	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 27,0 ha com coqueiro (lotes C-492, C-493 e C-494 de pequeno produtor).....	39
Tabela 8	– Fornecimento relativo de irrigação em área de 3,86 ha com goiabeira (lote C-311 de pequeno produtor).....	40
Tabela 9	– Dados Pluviométricos de Russas/CE.....	42
Tabela 10	– Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da aceroleira).....	44
Tabela 11	– Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da bananeira.....	44
Tabela 12	– Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da goiabeira.....	44
Tabela 13	– Variáveis consolidadas para o cálculo dos Indicadores de Desempenho do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará.....	46
Tabela 14	– Indicador de Autossustentabilidade do projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	47

Tabela 15	– Custo de Um Hectare em Produção no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	51
Tabela 16	– Percentual de Produção Necessária para O & M no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	52
Tabela 17	– Indicador Geração de Receita por Hectare no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	54
Tabela 18	– Produtividade da água de irrigação no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	56
Tabela 19	– Coeficiente de Utilização da Terra no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	58
Tabela 20	– Inadimplência da tarifa de água K <sub>2</sub> no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Requerimento de água das culturas e fornecimento relativo de irrigação..	18
2.2	Avaliação de sistemas de irrigação localizados.....	20
2.3	Indicadores de desempenho de Distritos de Irrigação.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	Caracterização da área da pesquisa.....	25
3.2	Fornecimento relativo de irrigação.....	25
3.3	Avaliação de sistemas de irrigação.....	27
3.4	Indicadores de desempenho para autogestão do Distrito de Irrigação.....	30
3.4.1	<i>Indicador de Autossustentabilidade (IAS)</i> .....	30
3.4.2	<i>Custo de um Hectare em Produção (IHP)</i> .....	30
3.4.3	<i>Percentual da Produção necessária à O&amp;M (IVPNM)</i> .....	31
3.4.4	<i>Geração de Receita por Hectare (IGRH)</i> .....	31
3.4.5	<i>Produtividade da Água de Irrigação (PAir)</i> .....	32
3.4.6	<i>Coefficiente de Utilização da Terra (CUT)</i> .....	32
3.4.7	<i>Inadimplência de K<sub>2</sub></i> .....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1	Fornecimento relativo de irrigação.....	34
4.2	Avaliação de sistemas de irrigação localizados.....	44
4.3	Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação.....	46
4.3.1	<i>Indicador de Autossustentabilidade (IAS)</i> .....	46
4.3.2	<i>Custo para o Distrito de Irrigação de um Hectare em Produção (IHP)</i> .....	50
4.3.3	<i>Percentual da Produção Necessário para O &amp; M (IVPNM)</i> .....	52
4.3.4	<i>Geração de Receita por Hectare (IGRH)</i> .....	54

4.3.5	<i>Produtividade da Água de Irrigação (PAir)</i> .....	55
4.3.6	<i>Coefficiente de Utilização da Terra (CUT)</i> .....	58
4.3.7	<i>Inadimplência da tarifa de água K<sub>2</sub></i> .....	60
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	63
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	64
	<b>APÊNDICE A - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTHEITH (2003 - 2013). LIMOEIRO DO NORTE. ALTITUDE MÉDIA: 82M; LATITUDE (S): 5° 37' 20"; LONGITUDE (W): 38° 07'08</b> .....	69
	<b>APÊNDICE B - ESQUEMA DE COLETA DAS AMOSTRAS SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA POR KELLER &amp; KARMELI (1975)</b> .....	70
	<b>APÊNDICE C - DADOS COLETADOS EM NÍVEL DE CAMPO SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA POR KELLER &amp; KARMELI (1975)</b> .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

Com 86,8% 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 (DE OLIVERA, 2019). As políticas públicas tradicionais, nos momentos críticos das secas, sempre nos remetem à construção de açudes, do Canal do Trabalhador em 1993, do Eixão das Águas em 2014, poços em locais com criticidade e oferta d'água por 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, 2001).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no Brasil, 49,8% da água captada de fontes hídricas é utilizada para irrigação (Artigo: Irrigação no Brasil: necessidade e opção estratégica - 04/06/2021). Sua importância tem aumentado em virtude da necessidade de incrementos da produção e da produtividade agrícolas, em função do crescimento populacional, prerrogativa que induz à produção sustentável e que gere 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 ao meio ambiente, o que requer a promoção de tecnologias e práticas de manejo que estimulem o uso racional dos recursos de água e de solo. Para Araújo et al. (2013), a promoção e adoção desta tecnologia devem estar ligadas ao debate da sustentabilidade, dada a sua relação com variáveis ambientais importantes como a utilização de recursos naturais, especialmente a água, além da sua capacidade de contribuir para a desertificação.

Para incentivar a agricultura irrigada no Brasil, o Governo realizou estudos e implantou os projetos públicos de irrigação denominados perímetros irrigados em áreas com maior aptidão para produção irrigada, um modelo de desenvolvimento em que os produtores adquirem lotes de terra, com uma infraestrutura de irrigação para produzir pagando pela terra, pela infraestrutura que permite o acesso e uso da água e pelos custos da água e administração do “condomínio”. Contudo, as práticas de irrigação por si só não são suficientes para promover um sistema sustentável para os agricultores, uma vez que em muitos casos estes projetos dependem economicamente da supervisão estatal (ARAÚJO e ARAGÃO, 2013).

Para Gonçalves et al. (2015), o setor de irrigação no Brasil já conta com indicadores utilizados pelo Tribunal de Contas da União Brasileira sobre controle de áreas irrigadas. Estes

indicadores são considerados instrumentos de avaliação sistemática, ajudando a identificar deficiências na programação e implementação. A utilização destes indicadores torna-se a base para a análise do desempenho das áreas irrigadas ao longo do tempo, permitindo demonstrar numa perspectiva pública os potenciais impactos econômicos, sociais e ambientais de diferentes cenários políticos para a agricultura irrigada.

O Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, escolhido para a realização da presente pesquisa, está localizado na região do Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará e inserido no divisor topográfico de duas bacias hidrográficas, na parte baixa das bacias dos Rios Jaguaribe e Banabuiú. Este Projeto de Irrigação foi planejado para ter seu canal principal construído para transportar as águas vindas do Açude Banabuiú, principal fornecedor de água ao Perímetro até o ano de 2007. Porém, a água armazenada neste reservatório não seria suficiente para atender as demandas do Perímetro, percepção constatada nos primeiros anos deste século quando o Perímetro se encontrava em franca ocupação e expansão da exploração dos seus lotes pelos produtores que os adquiriram. Este fato, constatado pelos executivos do DNOCS e gestores do perímetro, exigiu estudos para uma solução mais eficiente para o fornecimento de água ao mesmo. A solução veio por meio do suprimento da água do Açude Castanhão, via Canal da Integração ou Eixão das Águas, na época recém-construído. Esta água que tem destino final a Região Metropolitana de Fortaleza, passa pelo Açude Curral Velho em Morada Nova, açude este que faz parte da estrutura de fornecimento de água ao Perímetro Irrigado, e assim, o Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas passou a receber água direto do Açude Castanhão promovendo a sua sustentabilidade hídrica o que vinha permitindo a expansão das áreas irrigadas, com as devidas outorgas e cobranças do uso da água implementadas pela Cogerh.

Com a estiagem vivenciada entre os anos de 2012 a 2017, que ocasionou significativa redução do volume armazenado no Açude Castanhão, a água deste reservatório foi priorizada para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, proporcionando mais uma vez uma redução drástica no volume de água fornecido ao Perímetro, com consequente redução da área cultivada, passando de 6065 ha em 2014 para 2051 ha em 2019.

Nesta região, onde a água é um fator de produção escasso e limitado, faz-se necessária a implementação de ações que contribuam para o melhor aproveitamento e o uso eficiente dos recursos hídricos no setor produtivo primário. Para Lee et al. (2023), a irrigação é o processo de fornecimento artificial de água às culturas quando o abastecimento natural de água não é suficiente para o crescimento das plantas e afeta o índice de estresse por umidade de diferentes maneiras, como salinidade do solo, temperatura do solo, escoamento superficial e erosão. Bernardo et al. (2006), destacaram que 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.

Portanto, considerando as várias reestruturações que passou e passa o setor da irrigação no Brasil e aos elevados investimentos alocados pela União em projetos públicos de irrigação, existe a necessidade por parte do Governo Federal da utilização de ferramentas que lhe permita avaliar se o perímetro está desempenhando o papel para o qual foi concebido. Há de se considerar ainda que esta demanda está no radar dos gerentes executivos dos perímetros públicos e dos produtores que exploram as atividades da agricultura irrigada dos mesmos tendo em vista que os recursos hídricos estão cada dia mais disputados na região nordeste e, em especial no Ceará, que sofre frequentemente com períodos de baixa recarga pluviométrica em seus reservatórios hídricos.

A pesquisa teve, portanto, como objetivo geral avaliar o desempenho da irrigação em nível de parcela irrigada e indicadores de autogestão do Distrito de Irrigação do Projeto Público Tabuleiros de Russas. A pesquisa teve os seguintes objetivos específicos: Analisar os valores do fornecimento relativo de irrigação (FRI), avaliar os principais sistemas de irrigação em operação no Projeto de Irrigação e avaliar indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação na perspectiva da autogestão do Projeto Público de Irrigação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Requerimento de água das culturas e fornecimento relativo de irrigação

De modo geral, a água necessária a uma determinada cultura é equivalente à evapotranspiração (evaporação de água do solo + transpiração das plantas) de uma cultura livre de doenças e se desenvolvendo em um local em condições ótimas de solo e clima. A condição ótima de solo consiste em nível de fertilidade e umidade suficientes para a cultura alcançar a sua produção potencial no meio considerado. Daí a necessidade hídrica de uma cultura é baseada em sua evapotranspiração (ET<sub>c</sub>) e é expressa, normalmente, em milímetros por dia (mm/dia). Podem ser obtidos os dados necessários à demanda hídrica da cultura através de medições realizadas diretamente no campo. Entretanto, os procedimentos de medidas diretas são demorados e trabalhosos, sendo esses mais utilizados em condições de pesquisa. Dessa forma, os métodos estimativos são os mais utilizados (EMBRAPA, 2000).

Ainda que seja indiscutível o potencial que a irrigação tem e pode ter na estabilização e na elevação do rendimento de lavouras brasileiras, especialmente nos sistemas extensivos de produção de grãos, há que se considerar, por questões relacionadas com marcos legais, competição com outros usos pela água disponível e custos de implantação e operação dos sistemas, que, antes de se atribuir à irrigação o papel de panaceia para a cura de todos os males da nossa agricultura, existe espaço para melhoria de práticas do manejo de cultivos e de solos, visando à elevação dos rendimentos atuais para níveis mais próximos dos rendimentos potenciais limitados, conforme a espécie, pela oferta de água das chuvas. O primeiro passo é o domínio de conceitos relacionados com a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, especialmente no tocante ao manejo a campo dos aspectos agrônômicos e biofísicos da produtividade da água (CUNHA et al., 2014).

De acordo com Cook et al. (2006) “o mundo tem recursos hídricos finitos, que estão sob pressão crescente à medida que a população humana e a demanda de água per capita aumentam. Esses problemas não são novos, mais agora estão se tornando mais difundidos e seus impactos mais devastadores”. Isso deu um impulso adicional à busca de soluções para os problemas decorrentes da desproporção entre a oferta e a demanda, guardadas as devidas proporções, de quantidade, qualidade e o tempo de disponibilidade de água.

Acolher as demandas atuais e futuras por alimento deverá requerer um aumento rápido de produtividade, que precisará ser feito de maneira sustentável, sem danos adicionais ao ambiente (RODRIGUES, 2022).

Cada vez maior, entre os diversos setores usuários deste recurso (irrigação, indústria, cidades, lazer), o aumento da demanda pelo recurso água vem gerando uma pressão competitiva. Vale salientar que todos os usuários não somente façam uso eficaz de suas águas e inteligente, mas também tenham capacidade de justificar a sua utilização de forma racional e eficaz para competir por água (FRIZZONE, 2014).

Conforme Albuquerque (2004), para a determinação da eficiência de irrigação em seu nível ótimo, os economistas buscam conhecer o valor da água de irrigação e também o custo do acréscimo no sistema de produção ao controlar ou manejá-la, já que o conceito clássico de eficiência de irrigação, geralmente usado pelos engenheiros, omite os parâmetros econômicos. Assim, a água deve, como os demais recursos, ser alocada eficientemente por ser fator de um sistema de produção com capacidade de reduzir os custos econômicos (FURQUIM e ABDALA, p 277, 2019).

Kijne et al. (2003) definem a eficiência econômica do uso da irrigação, como sendo a capacidade do sistema agrícola de produção de transformar água em alimentos e tornando-o eficientemente. Ou seja, representa um indicador de desempenho econômico, o qual considera os elementos básicos de um sistema de irrigação. Neste caso o componente água na irrigação, é apresentado em determinado contexto econômico, constituindo um dos parâmetros (fator) de uma função de produção, precisando ser gerido para se alcançar a otimização do recurso.

Melhorar a produtividade da água de irrigação em áreas com exploração agropecuária no Nordeste brasileiro e, em especial no Estado do Ceará, deve ser meta de todo produtor irrigante. Neste sentido, Cook et al. (2006) descreveram que a produtividade é uma medida de desempenho expressa como a razão entre a saída e à entrada. A produtividade pode ser avaliada para todo o sistema ou partes dele. Poderia contabilizar todos ou um dos insumos do sistema de produção dando origem a dois indicadores de produtividade (MOLDEN, 1997): produtividade total - a razão entre o total de produtos tangíveis dividido pelo total de insumos tangíveis; e produtividade parcial ou de um único fator - a razão entre a produção tangível total e a entrada de um fator dentro de um sistema. Nos sistemas agrícolas, os fatores podem ser água, terra, capital, trabalho e nutrientes.

A má distribuição de chuvas ou a escassez das mesmas, presente nas regiões semiáridas, fazem com que a prática da irrigação seja imprescindível para que se alcance altas produtividades no cultivo de diversas culturas. Assim, nestas regiões, além da irrigação plena, o agricultor deve estar preparado para fazer uso da irrigação suplementar em razão de veranicos cada vez mais frequentes (PIMENTEL, 2021).

A importância que a água e os demais recursos naturais representam para a vida humana é de grande conhecimento de todos (SILVA et al., 2019). Sendo a escassez hídrica uma problemática mundial, em particular nas regiões semiáridas (BARBOSA, TAVARES & NAVONI (2019). No semiárido brasileiro tem condicionado árduas realidades para inúmeras famílias locais (PEREIRA et al., 2018).

Silva (2022) estudando a produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação concluiu que o uso da irrigação por gotejamento apresentou produtividades de frutos, de água de coco e produtividade da água de irrigação, significativamente superior à irrigação por microaspersão, mostrando que o uso de irrigação por gotejamento é uma boa alternativa para aumentar a eficiência da irrigação do coqueiro.

Segundo Navarros et al. (2020), o índice de Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) permite avaliar o uso da água a partir da água aplicada e estimar as necessidades hídricas das culturas.

Beltrão Júnior (2017) estudando o fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, concluiu que o Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) para o Perímetro de Irrigação, apresentou uma queda anual refletindo os efeitos acumulativos da escassez hídrica no Perímetro, não obstante, do ponto de vista financeiro percebe-se uma evolução na gestão do referido Distrito.

Valverde (2020) avaliando o desempenho do sistema de irrigação por meio de uma análise do Fornecimento Relativo de Irrigação (FRI) permitiu discriminar que os principais atributos de irrigação que influenciaram este indicador foram: precipitação, latitude, método de fornecimento de água (sob demanda, rotação acordada e fixa), sistema de irrigação da parcela (localizado, aspersão, superfície, localizado combinado com aspersão e aspersão combinado com irrigação superficial) e a rede de distribuição de água (canal aberto, tubo pressurizado e combinado com canal aberto).

Simões e Santos (2014) entendem que o Fornecimento Relativo de Irrigação expressa somente o volume de água fornecido por meio da irrigação, sem considerar a precipitação efetiva com a demanda de água das culturas, ou seja, indica o percentual de água utilizado para atender a necessidade hídrica da cultura.

## **2.2 Avaliação de sistemas de irrigação localizados**

Os sistemas de irrigação são utilizados em todo o mundo para a produção de alimentos, garantindo a produtividade em épocas de escassez das chuvas e elevando a qualidade dos

produtos agrícolas (Faria, Gomes, Alberto & Nunes, 2017). De acordo com (Toromo et al., 2011), a expansão dos sistemas de irrigação em muitos países deve ser acompanhada por uma pesquisa que aborde diferentes maneiras e meios de conseguir uma utilização eficiente da água na irrigação.

Segundo Pereira (2001), é importante ter presente que qualquer sistema de rega deve ser projectado e gerido corretamente, de maneira que a aplicação da água no solo seja eficiente, uniforme e em quantidade adequada para permitir que as plantas fiquem em perfeito conforto hídrico, o qual depende da especificidade de cada cultura, além de assegurar a proteção e conservação do meio ambiente.

De acordo com Junior et al. (2016), para uma gestão eficiente do uso da água, melhorar a uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada, pois o excesso de água, além de resultar em perdas hídricas, pode transportar nutrientes para profundidades do solo não acessadas pelas raízes. Em situações em que a aplicação é insuficiente, pode haver prejuízos na produção, especialmente durante os períodos críticos.

A uniformidade de aplicação de água é um parâmetro usado para avaliar a variabilidade de água aplicada pelo método de irrigação (BERNARDO et al., 2006). Segundo Mantovani et al. (2009), este parâmetro é fundamental para o diagnóstico da situação de funcionamento do sistema, sendo, inclusive, um dos principais componentes para determinação do nível de eficiência no qual o sistema trabalha e pelo qual a lâmina aplicada deverá ser ajustada para fornecer água de modo a garantir o pleno desenvolvimento da cultura.

A uniformidade de distribuição de água em áreas irrigadas é utilizada para avaliar a dispersão das lâminas de irrigação aplicadas em relação a lâmina média aplicada (FRIZZONE, 1992). É um fator de suma importância em qualquer sistema de irrigação, por se tratar de um parâmetro determinístico para o desempenho da irrigação e, conseqüentemente, para a produção da cultura implantada. Usualmente, o conceito de uniformidade de aplicação de água é empregado admitindo que o solo seja capaz de armazenar água de forma constante em toda a área irrigada. Porém, como a extração de água pela cultura ocorre no interior do solo, os dimensionamentos deveriam fundamentar-se em avaliações que descrevessem a distribuição de água no perfil do solo de forma a proporcionar um manejo de água mais eficiente e econômico (REZENDE et al., 1998; RIBEIRO et al., 2012).

Famba e Adamo (2022) estudando a avaliação do desempenho de um sistema de irrigação por aspersão, concluíram que a programação da irrigação para as culturas de milho e pimenta na prática atual dos agricultores se verificam perdas no rendimento devido ao déficit

hídrico sobretudo nas fases de desenvolvimento e final. E que o valor da eficiência do projeto de irrigação (40%) classificado como abaixo do recomendado, é resultante da baixa eficiência de aplicação de água (Ea), demonstrando assim a importância de avaliações regulares do sistema de irrigação.

Para Avelino (2014), o planejamento, o projeto, a operação e a sustentabilidade de sistemas de irrigação pública que se utilizam dos recursos hídricos dependem, grande parte, do seu desempenho econômico, assim como de sua avaliação ao longo do tempo.

### **2.3 Indicadores de desempenho de Distritos de Irrigação**

Santos et al. (2014) consideram que diversos fatores técnicos, econômicos e sociais contribuem para o bom ou mau desempenho dos perímetros públicos irrigados. Um dos aspectos primordiais na análise desses fatores é a possibilidade de monitorá-los por meio do cálculo de parâmetros mensuráveis.

Cook et al. (2006) propõem a análise econômica fundamentada em indicador de eficiência alocativa. Assim, o que será analisado pelo indicador de desempenho (WP) é a relação entre custos e benefícios a partir do fator de produção água. Ainda para Santos et al. (2014) os indicadores de desempenho demonstram que, até chegar à plena autonomia, os perímetros ainda demandam a coparticipação do governo para uma gestão otimizada.

Araújo (2011) quantificou e qualificou, através de indicadores e seus respectivos índices, o desempenho do sistema denominado Projeto Público de Irrigação Curaçá 1 - BA. Para consecução desse objetivo foi necessário o levantamento, análise e representação dos dados, no tempo e no espaço. Com seleção e aplicação dos indicadores e seus respectivos índices de desempenho relacionados ao balanço hídrico, aos serviços de operação e manutenção, sustentabilidade das áreas irrigáveis e de sequeiro, ao desempenho econômico e a demanda e consumo de energia elétrica. Ao final Araújo (2011) concluiu que o uso de indicadores é um importante elemento para acompanhamento da organização dos perímetros públicos de irrigação.

Rodrigues et al. (2017) citando Kolberg e Berbel (2011), compreendem que o fator chave para definir indicadores de eficiência e produtividade está na resposta das perguntas diretamente relacionadas à escala da análise:

- a. Definir quem é o tomador de decisão (irrigante, administrador) e quais são os objetivos (lucro, emprego, redução de risco, entre outros);
- b. Definir quais são os recursos limitantes (terra, trabalho, capital, água, entre outros);

c. Definir como é o modelo de tomada de decisão (disponibilidade e qualidade dos dados, escala temporal, etc).

Simões e Santos (2014) analisando os indicadores de desempenho associados às áreas irrigadas no município de Boqueirão, estado da Paraíba, cultivadas com culturas agrícolas sazonais (safra e entressafra) e perenes, verificaram o potencial de utilização dos recursos hídricos do reservatório no atendimento das demandas de irrigação, além de demandas de abastecimento urbano.

Para Frizzone et al. (2021), a avaliação de desempenho da agricultura irrigada é uma importante ferramenta que auxilia na tomada de decisão sobre a gestão da água na bacia hidrográfica, principalmente no semiárido tropical. A partir de um conjunto de indicadores (produção, água, econômico e social), estimou-se o índice geral de desempenho da agricultura irrigada (variando de zero a 1,0) para dois cenários: alta escassez hídrica e baixa escassez hídrica. O índice de desempenho utilizado foi baseado no valor médio desses critérios de segurança normalizado em relação ao valor máximo do indicador para a safra obtido na sub-bacia. Um baixo índice de desempenho da agricultura irrigada (inferior a 0,3) sempre esteve associado à inadequação de mais de um indicador de segurança (FRIZZONE et al., 2021).

Nhampossa, (2015) analisou a sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume, por meio de indicadores nas dimensões ambiental, social e econômica, em um horizonte temporal de cinco anos (2009-2014). Para tanto, foram selecionados e mensurados indicadores com base no método Marco de Avaliação de Sistemas de Gestão de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade combinados com a Técnica de Análise Hierárquica. Desta forma, foram selecionados 20 indicadores, sendo sete da dimensão ambiental, seis da dimensão social e sete da dimensão econômica. A cada indicador foi atribuído um valor que representa o seu desempenho, numa escala de 0 (zero) a 10 (dez). Este valor foi associado ao peso de cada indicador para obtenção do índice de sustentabilidade para cada dimensão estudada. Nesse, os índices obtidos por essas dimensões foram 3,81; 5,83; e 6,09; respectivamente. Assim, o índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume foi 5,24, que pressupõe uma situação de sustentabilidade comprometida.

Parra et al. (2020) propuseram e testaram diferentes indicadores de desempenho de prestação de serviços, eficiência produtiva e eficiência econômica em sistema de cultivo de cítricos no Leste de Espanha. Entre os indicadores propostos, os indicadores de desempenho da prestação de serviços se mostraram os menos úteis e podem provocar sobreirrigação devido à falta de precisão dos dados utilizados para o seu cálculo. Os indicadores de eficiência produtiva e econômica têm sido úteis para ilustrar o notável efeito que o excesso de irrigação tem sobre a

eficiência hídrica, uma vez que se constata uma redução de 66% da eficiência produtiva para algumas das variedades analisadas. Em outros casos, detecta-se uma redução de 50% na eficiência econômica devido ao excesso de irrigação. Além disso, o excesso de irrigação implicou maior eficiência econômica em apenas uma das variedades avaliadas.

Conforme Costa, Oliveira e Araújo (2011), os principais indicadores empregados pelo Tribunal de Contas da União do Brasil (2002) para o monitoramento dos perímetros irrigados, são considerados como ferramentas de avaliação sistemática, constituindo-se em subsídio para identificar as deficiências de programação e de execução. Estes indicadores de desempenho propostos pelo Tribunal de Contas da União (2002) para monitoramento dos Perímetros Irrigados são considerados importantes ferramenta de avaliação sistemática, constituindo-se em subsídio para identificar as deficiências de programação e de execução dos Perímetros.

Beltrão Júnior et al. (2017) analisou indicadores de desempenho para o Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (Dibau) e concluiu que 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.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área da pesquisa**

A pesquisa teve como base física o Projeto Público de Irrigação Tabuleiros de Russas que está localizado nas fronteiras dos municípios de Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova, na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, Ceará, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude Sul 5° 37' 20", longitude Oeste 38° 07'08" e altitude média de 82m.

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen é do tipo Bsh, caracterizando-se como semiárido e muito quente. A precipitação média é de 720 mm, distribuída irregularmente ao longo do ano. A umidade relativa média do ar e a temperatura média mensal são, respectivamente, 60% e 27° C. A demanda evaporativa é de 2900 mm ano<sup>-1</sup> (MACIEL, 2016).

Na pesquisa foram analisados o indicador fornecimento relativo de irrigação (FRI) para as principais culturas estabelecidas, a avaliação dos principais sistemas de irrigação em operação no Projeto de Irrigação e os indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação na perspectiva da autogestão.

#### **3.2 Fornecimento relativo de irrigação**

O Fornecimento Relativo de Irrigação - FRI é um dos indicadores de destaque nas interpretações sobre a eficiente utilização da água nos cultivos irrigados, seja para o agricultor irrigante ou para os gestores do Distrito de Irrigação, tendo em vista que o indicador traduz exatamente se a água que está sendo utilizada na irrigação de um determinado cultivo corresponde ao volume de água que a planta está necessitando.

Em nível de parcela irrigada, o FRI permite nortear os agricultores irrigantes quanto a tomada de decisão a partir das informações, se os cultivos estão sofrendo estresse de déficit ou de excesso de água em base as informações provenientes de Estações Agrometeorológicas modernas instaladas nas proximidades da área de cultivo, bem como de hidrômetros que registrem com precisão o volume de água utilizado na irrigação.

A estratégia de utilizar o FRI visa expressar o cenário do uso da água no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas como forma de auxiliar os gestores do Distrito de Irrigação na tomada de decisões, tendo em vista que a integração das informações em nível de Projeto de Irrigação permitirá aferir quanto à magnitude da vazão liberada.

Beltrão Júnior et al. (2017) utilizaram o indicador FRI do software S@I como estratégia para análise de indicadores de desempenho do Distrito de Irrigação Baixo Acaraú com vista à sustentabilidade hídrica do Projeto e verificaram que o FRI apresentou uma queda anual, entre 2012 e 2014, refletindo os efeitos acumulativos da escassez hídrica.

O Indicador Fornecimento Relativo de Irrigação relaciona a quantidade de água utilizada no cultivo, resultante da leitura do volume mensal de água registrado no hidrômetro instalado na entrada da área, pelo requerimento de água da cultura, sendo obtido conforme equação a seguir:

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

sendo o requerimento de irrigação obtido da diferença entre a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e a precipitação efetiva em valores acumulados no período determinado para o cálculo do FRI, no caso um mês.

Na perspectiva da obtenção de uma maior precisão no volume de água aplicado e demandado pelos cultivos selecionaram-se áreas em monocultivo, na medida do possível optando-se pelas mais representativas no Projeto de Irrigação, bem como diversificando o porte dos agricultores irrigantes. Os dados em análise compreenderam os meses de agosto, setembro, outubro e novembro dos anos 2021, 2022 e 2023, e os cultivos do abacateiro (*Persea americana*), da aceroleira (*Malpighia glabra*), da bananeira (*Musa spp.*), do coqueiro (*Cocos nucifera*) e da goiabeira (*Psidium guajava*).

No cálculo dos requerimentos mensais de água considerou-se a necessidade mensal durante o período de franca produção, estabelecendo-se o seguinte procedimento:

Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) - obtido por meio do método de Penman-Monteih/FAO. Este método, conforme Albuquerque et al. (2002) tem embasamento físico e incorpora os parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos. No cálculo utilizou-se o software Cropwat for Windows Versão 8.0. Os dados de entrada para o cálculo de ET<sub>o</sub> foram obtidos de uma série histórica para o município de Limoeiro do Norte relativa ao período 2003 - 2013, para os meses citados, conforme Anexo I.

Os coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) foram considerados para o estágio de pleno desenvolvimento das cinco culturas analisadas em seis lotes, quais sejam: abacateiro (pequeno produtor), aceroleira (pequeno produtor), bananeira (pequeno produtor), bananeira (lote empresarial), coqueiro (pequeno produtor) e goiabeira (pequeno produtor); a exceção ficou para

a cultura da goiabeira, tendo em vista ter sido estabelecida em novembro/2019, e por a cultura se encontrar em período de crescimento, foi utilizado o Kc de 0,58 para o ano 2021, 0,85 para o ano 2022 e 1,03 para o ano 2023 (FERREIRA, 2014). A evapotranspiração máxima (ETm) foi obtida pela expressão:

$$ETm = ET_0 * Kc$$

A precipitação efetiva (Pe) que constitui a fração da precipitação total que infiltra no solo e fica disponível às plantas foi calculada pela expressão:  $Pe = (125 - 0,2P_t) P_t/125$ , sendo  $P_t$  a precipitação total. A necessidade de Irrigação (NI) foi assim calculada:  $NI = ETm - Pe$ .

### 3.3 Avaliação de sistemas de irrigação

A coleta de dados para esta avaliação de uniformidade de irrigação ocorreu no período de 16 a 19/05/2023, numa parceria com técnicos da Secretaria Executiva do Agronegócio - SAN da Secretaria do Desenvolvimento Econômico do Ceará - SDE, e acompanhamento de técnicos ligados à gestão do Distar.

Coletaram-se dados em 12 lotes de pequenos produtores para avaliação dos sistemas de irrigação, com quatro lotes por cultura, onde encontravam-se implantadas três culturas, sendo elas a bananeira, a goiabeira e a aceroleira, estabelecidas no ano de 2009. Os lotes com a cultura da bananeira têm arranjo e distribuição espacial em fileira dupla 4,0m x 2,0m x 2,0m, com 1.667 plantas por hectares; os lotes com a cultura da goiabeira têm disposição espacial em fileira simples, com 6,0m entre linhas de plantas e 5,0m entre plantas com 333 plantas por hectare e os lotes com a cultura da aceroleira têm distribuição espacial também em fileiras simples, com 5,0m entre linhas de plantas e 4,0m entre plantas com 500 plantas por hectare, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Número de plantas por hectare para diferentes culturas e espaçamentos.

Cultura	Espaçamento da cultura (m)	Espaçamento emissor (m)	Número de plantas/hectare
Bananeira	4 x 2 x 2	6 x 4	1.667
Goiabeira	6 x 5	6 x 5	333
Aceroleira	5 x 4	5 x 4	500

Fonte: Autor e informações dos produtores.

O sistema de irrigação implantado nos doze lotes das três culturas era microaspersão, com um emissor para cada três plantas na cultura da bananeira e um emissor por planta nas culturas da goiabeira e da aceroleira.

No Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, o sistema de irrigação predominante é irrigação localizada por microaspersão e para a avaliação da uniformidade de distribuição de água utilizou-se a metodologia de Keller & Karmeli (1975), que consiste na coleta de dados em quatro linhas laterais: a primeira linha, as localizadas a 1/3 e a 2/3 do início da parcela e a última. Em cada uma das quatro linhas, avaliaram-se quatro microaspersores: o primeiro, os localizados a 1/3 e a 2/3 do início da linha lateral e o último, totalizando 16 microaspersores em cada lote. Na coleta do volume de água, utilizou-se uma proveta com capacidade para 300 mL e um cronômetro para marcar o tempo de coleta que foi de 20 segundos em todos os testes, e com três repetições. Em cada sistema avaliado aferiu-se a pressão nos 16 micros, utilizando um manômetro com escala de 0 a 10 bar.

Na avaliação dos sistemas de irrigação foram calculados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), cujo esquema da coleta de dados em nível de campo e seus valores se encontram nos Anexos 02 e 03 respectivamente, conforme metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975).

### **Coeficiente de Uniformidade de Christiansen - CUC**

Constitui o método mais difundido, e adota-se o desvio médio como medida de dispersão, sendo seu cálculo obtido pela fórmula:

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |q_i - \bar{q}|}{n \times \bar{q}} \right]$$

Em que: *CUC*: coeficiente de uniformidade de Christiansen;  $q_i$ : vazão de cada emissor, L h<sup>-1</sup>;  $\bar{q}$ : média de todas as vazões coletadas, L h<sup>-1</sup> e *n*: número de emissores.

### **Coeficiente de Uniformidade de Distribuição - CUD**

Proposto por Keller & Karmeli (1975), sua determinação é fundamentada na razão entre as 25% menores vazões verificadas nas análises em relação às médias das vazões

observadas, descrito pela seguinte equação:

$$CUD = 100 \times \left( \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}} \right)$$

Em que: *CUD*: coeficiente de uniformidade de distribuição;  $q_{25\%}$ : média de 25% das vazões com menores valores,  $L h^{-1}$  e  $\bar{q}$  : média de todas as vazões coletadas,  $L h^{-1}$ .

### Coeficiente de Uniformidade Estatístico - CUE

Desenvolvido por Wilcox & Swailes (1947), baseia-se no coeficiente de variação da lâmina de água aplicada, sendo calculado pela equação:

$$CUE = 100 \times \left( 1 - \frac{\delta}{\bar{q}} \right)$$

Em que: *CUE*: coeficiente de uniformidade estatístico, em %;  $\delta$ : desvio padrão dos valores de vazões,  $L h^{-1}$  e  $\bar{q}$ : média de todas as vazões coletadas,  $L h^{-1}$ .

A interpretação dos resultados inerentes aos valores de CUC, CUD e CUE baseou-se na proposição de Mantovani (2001), Frizzone et al. (2012) e os padrões da ASAE EP 405.1 (2003), citado por Bossoi et al. (2012), e apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do CUD, CUC e CUE para sistemas de irrigação por microaspersão.

Classificação	CUD (%)	CUC (%)	CUE (%)
Excelente	> 90	90 - 100	90 - 100
Bom	80 – 90	80 - 90	80 - 90
Razoável	70 – 80	70 - 80	70 - 80
Ruim	< 70	60 - 70	60 - 70
Inaceitável	-	-	< 60

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001), Frizzone et al. (2012) e Bossoi et al. (2012).

### 3.4 Indicadores de desempenho para autogestão do Distrito de Irrigação

Na pesquisa foram utilizados os indicadores de desempenho propostos pelo Tribunal de Contas da União (2002) para monitoramento dos Perímetros Irrigados, sendo os mesmos considerados como ferramenta de avaliação sistemática, constituindo-se em subsídio para identificar as deficiências de programação e de execução.

#### 3.4.1 *Indicador de Autossustentabilidade (IAS)*

Definido pela relação entre o custo de Operação e Manutenção (O&M), necessário à manutenção e operacionalidade do perímetro irrigado, e o volume de recursos financeiros arrecadados da tarifa de água (parcela  $K_2$ ), conforme expressão a seguir:

$$IAS = \frac{\text{Custo O\&M}}{K_2 \text{ Arrecadado}}$$

sendo:

IAS: indicador de autossustentabilidade (R\$ R\$<sup>-1</sup>);

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

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

Este índice dá um indicativo da capacidade do perímetro irrigado em gerar os recursos necessários à sua própria manutenção. Quanto mais próximo de 1,0 (um), o valor do total anual de  $K_2$  arrecadado se aproxima do custo de operação e manutenção. Ou seja, demonstra que o irrigante não tem dificuldade em arcar com o ônus da operação e manutenção do perímetro.

#### 3.4.2 *Custo de um Hectare em Produção (ICHP)*

Definido como sendo o valor necessário para operar e manter um hectare cultivado em produção, ou seja, a despesa anual realizada para aduzir 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:

$$ICHP = \frac{\text{Custo O\&M}}{\text{Área cultivada}}$$

sendo:

ICHP: indicador do custo de um hectare em produção (R\$ ha<sup>-1</sup>);

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

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

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

### 3.4.3 *Percentual da Produção necessária à O&M (IVPNM)*

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

$$IVPNM = \frac{\text{Custo O\&M}}{\text{VBP}}$$

em que:

IVPNM: percentual do valor bruto da produção necessária à operação e manutenção do perímetro (R\$ R\$<sup>-1</sup>);

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

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

### 3.4.4 *Geração de Receita por Hectare (IGRH)*

IGRH 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 a seguir:

$$IGRH = \frac{\text{VBP}}{\text{AC}}$$

em que:

IGRH: índice de geração de receita por hectare (R\$ ha<sup>-1</sup>);

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

AC: área colhida (ha).

O IGRH 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.

#### 3.4.5 *Produtividade da Água de Irrigação (PAir)*

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:

$$PAir = \frac{VBP}{\text{Volume d'água}}$$

em que:

PAir: índice de produtividade da água (R\$ m<sup>-3</sup>);

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

Importante para verificar quais perímetros promove o uso mais racional da água, obtendo mais renda por m<sup>3</sup> utilizado.

#### 3.4.6 *Coefficiente 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, sendo expresso pela relação:

$$CUT = \frac{\text{Área irrigada}}{\text{Área entregue ao irrigante}}$$

em que:

CUT: Coeficiente de Utilização da Terra (ha ha<sup>-1</sup>);

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.

### 3.4.7 *Inadimplência de K<sub>2</sub>*

Demonstra a capacidade de autossustentabilidade do Projeto de Irrigação e a renda de seus agricultores irrigantes. Valores crescentes de inadimplência indicam a necessidade de maior atenção ao Distrito de Irrigação e aos agricultores irrigantes.

A tarifa K<sub>2</sub> baseia-se nos custos operacionais relativos à infraestrutura de uso comum e ao consumo de água do Projeto de Irrigação. A parcela K<sub>2.1</sub>, também denominada de parcela variável, é calculada em relação ao volume de água fornecido ao lote, cujos valores foram de R\$23,17/1000 m<sup>3</sup>, R\$25,88/1000 m<sup>3</sup> e R\$27,55/1000 m<sup>3</sup>, relativos aos anos de 2021, 2022 e 2023, respectivamente. A parcela K<sub>2.2</sub>, também denominada parcela fixa, independe do volume de água distribuído e se compõe dos custos com pessoal, veículo, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum e despesas administrativas, sendo seu valor calculado em relação à área do irrigante, cujos valores foram de R\$18,76/ha, R\$20,02/ha e R\$20,02/ha, relativos também aos anos de 2021, 2022 e 2023, respectivamente.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Fornecimento relativo de irrigação**

Nas Tabelas 3 a 8 são apresentadas as variáveis necessárias ao cálculo dos respectivos valores do indicador Fornecimento Relativo da Irrigação (FRI) em seis lotes, sendo cinco no porte de pequenos produtores cultivados com abacateiro, aceroleira, bananeira, coqueiro e goiabeira, e um sexto lote no porte empresarial, cultivado com bananeira.

Na Figura 1 são ilustrados os valores do FRI para os seis cultivos avaliados nos meses de agosto a novembro dos anos de 2021 a 2023. O valor ideal para o FRI seria igual a 1,0 (um), situação em que se teria a igualdade entre o volume de água efetivamente aplicado e o volume teórico que potencializa a ETc (evapotranspiração da cultura).

Tabela 3. Fornecimento relativo de irrigação em área de 8,11ha com abacateiro (lote C-190 de pequeno produtor).

ANO										
2021										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	FRI
Agosto	2.053,0	195,0	0,85	165,8	0,81	134,3	3	131,3	10645,0	0,19
Setembro	6.673,0	219,3	0,85	186,4	0,81	151,0	2	149,0	12082,9	0,55
Outubro	11.214,0	238,4	0,85	202,6	0,81	164,1	2	162,1	13149,4	0,85
Novembro	9.125,0	229,8	0,85	195,3	0,81	158,2	2	156,2	12669,2	0,72
ANO										
2022										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	FRI
Agosto	1.213,0	195,0	0,85	165,8	0,81	134,3	3	131,3	10645,0	0,11
Setembro	4.897,0	219,3	0,85	186,4	0,81	151,0	2	149,0	12082,9	0,41
Outubro	4.648,0	238,4	0,85	202,6	0,81	164,1	2	162,1	13149,4	0,35
Novembro	5.158,0	229,8	0,85	195,3	0,81	158,2	2	156,2	12669,2	0,41
ANO										
2023										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	FRI
Agosto	3.537,0	195,0	0,85	165,8	0,81	134,3	3	131,3	10645,0	0,33
Setembro	4.411,0	219,3	0,85	186,4	0,81	151,0	2	149,0	12082,9	0,37
Outubro	4.474,0	238,4	0,85	202,6	0,81	164,1	2	162,1	13149,4	0,34
Novembro	4.467,0	229,8	0,85	195,3	0,81	158,2	2	156,2	12669,2	0,35

Vol. Forn.: Volume de água fornecido ao lote pelo Distar; ET<sub>o</sub>: Evapotranspiração de referência; K<sub>c</sub>: Coeficiente de cultivo; ET<sub>m</sub>: Evapotranspiração máxima da cultura; K<sub>r</sub>: coeficiente de redução da evapotranspiração; ET<sub>c</sub>: Evapotranspiração da cultura; Prec. Ef.: Precipitação efetiva; N.I.: Necessidade de irrigação da cultura e Vol. Req.: Volume de água requerido pela cultura.

Tabela 4. Fornecimento relativo de irrigação em área de 2,17 ha com aceroleira (lote C-344 de pequeno produtor).

ANO		2021								
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	1.190,0	195,0	1,00	195,0	0,8	156,0	3	153,0	3320,1	0,36
Setembro	4.060,0	219,3	1,00	219,3	0,8	175,4	2	173,4	3763,6	1,08
Outubro	3.930,0	238,4	1,00	238,4	0,8	190,7	2	188,7	4095,2	0,96
Novembro	2.420,0	229,8	1,00	229,8	0,8	183,8	2	181,8	3945,9	0,61

ANO		2022								
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	4.310,0	195,0	1,00	195,0	0,8	156,0	3	153,0	3320,1	1,30
Setembro	4.930,0	219,3	1,00	219,3	0,8	175,4	2	173,4	3763,6	1,31
Outubro	4.260,0	238,4	1,00	238,4	0,8	190,7	2	188,7	4095,2	1,04
Novembro	5.100,0	229,8	1,00	229,8	0,8	183,8	2	181,8	3945,9	1,29

ANO		2023								
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	4.130,0	195,0	1,00	195,0	0,8	156,0	3	153,0	3320,1	1,24
Setembro	5.050,0	219,3	1,00	219,3	0,8	175,4	2	173,4	3763,6	1,34
Outubro	4.740,0	238,4	1,00	238,4	0,8	190,7	2	188,7	4095,2	1,16
Novembro	4.210,0	229,8	1,00	229,8	0,8	183,8	2	181,8	3945,9	1,07

Tabela 5. Fornecimento relativo de irrigação em área de 5,77 ha com bananeira (lote C-30 de pequeno produtor).

ANO		2021								
-----	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--

MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	4.485,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,5	3	172,5	9953,3	0,45
Setembro	12.227,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,4	2	195,4	11272,8	1,08
Outubro	13.776,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,6	2	212,6	12264,7	1,12
Novembro	13.601,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,8	2	204,8	11818,1	1,15

ANO 2022										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	9.840,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,5	3	172,5	9953,3	0,99
Setembro	12.300,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,4	2	195,4	11272,8	1,09
Outubro	14.280,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,6	2	212,6	12264,7	1,16
Novembro	10.360,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,8	2	204,8	11818,1	0,88

ANO 2023										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	17.150,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,5	3	172,5	9953,3	1,72
Setembro	21.680,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,4	2	195,4	11272,8	1,92
Outubro	20.570,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,6	2	212,6	12264,7	1,68
Novembro	22.420,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,8	2	204,8	11818,1	1,90

Tabela 6. Fornecimento relativo de irrigação em área de 8,01 ha com bananeira (lote C-515 de empresário).

ANO 2021

MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	15.500,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,50	3	172,5	13817,3	1,12
Setembro	15.000,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,37	2	195,4	15649,1	0,96
Outubro	17.496,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,56	2	212,6	17026,1	1,03
Novembro	17.400,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,82	2	204,8	16406,1	1,06
<hr/>										
ANO	2022									
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	14.485,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,5	3	172,5	13817,3	1,05
Setembro	17.393,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,4	2	195,4	15649,1	1,11
Outubro	18.000,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,6	2	212,6	17026,1	1,06
Novembro	17.100,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,8	2	204,8	16406,1	1,04
<hr/>										
ANO	2023									
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	12.400,0	195,0	1,2	234,0	0,75	175,5	3	172,5	13817,3	0,90
Setembro	14.614,0	219,3	1,2	263,2	0,75	197,4	2	195,4	15649,1	0,93
Outubro	18.961,0	238,4	1,2	286,1	0,75	214,6	2	212,6	17026,1	1,11
Novembro	18.710,0	229,8	1,2	275,8	0,75	206,8	2	204,8	16406,1	1,14

Tabela 7. Fornecimento relativo de irrigação em área de 27,0 ha com coqueiro (lotes C-492, C-493 e C-494 de pequeno produtor).

ANO 2021

MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	11.440,0	195,0	1,2	234,0	0,7	163,8	3	160,8	43416,0	0,26
Setembro	26.150,0	219,3	1,2	263,2	0,7	184,2	2	182,2	49197,2	0,53
Outubro	32.460,0	238,4	1,2	286,1	0,7	200,3	2	198,3	53529,1	0,61
Novembro	21.500,0	229,8	1,2	275,8	0,7	193,0	2	191,0	51578,6	0,42

ANO 2022										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	35.770,0	195,0	1,2	234,0	0,7	163,8	3	160,8	43416,0	0,82
Setembro	45.690,0	219,3	1,2	263,2	0,7	184,2	2	182,2	49197,2	0,93
Outubro	39.110,0	238,4	1,2	286,1	0,7	200,3	2	198,3	53529,1	0,73
Novembro	48.990,0	229,8	1,2	275,8	0,7	193,0	2	191,0	51578,6	0,95

ANO 2023										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ET <sub>o</sub> (mm/mês)	K <sub>c</sub>	ET <sub>m</sub> (mm/mês)	K <sub>r</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	41.140,0	195,0	1,2	234,0	0,7	163,8	3	160,8	43416,0	0,95
Setembro	44.100,0	219,3	1,2	263,2	0,7	184,2	2	182,2	49197,2	0,90
Outubro	42.300,0	238,4	1,2	286,1	0,7	200,3	2	198,3	53529,1	0,79
Novembro	36.110,0	229,8	1,2	275,8	0,7	193,0	2	191,0	51578,6	0,70

Tabela 8. Fornecimento relativo de irrigação em área de 3,86 ha com goiabeira (lote C-311 de pequeno produtor).

ANO 2021

MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	2.916,0	195,0	0,58	113,1	0,6	67,9	3	64,9	2503,6	1,16
Setembro	6.306,0	219,3	0,58	127,2	0,6	76,3	2	74,3	2868,6	2,20
Outubro	8.228,0	238,4	0,58	138,3	0,6	83,0	2	81,0	3125,2	2,63
Novembro	7.032,0	229,8	0,58	133,3	0,6	80,0	2	78,0	3009,7	2,34

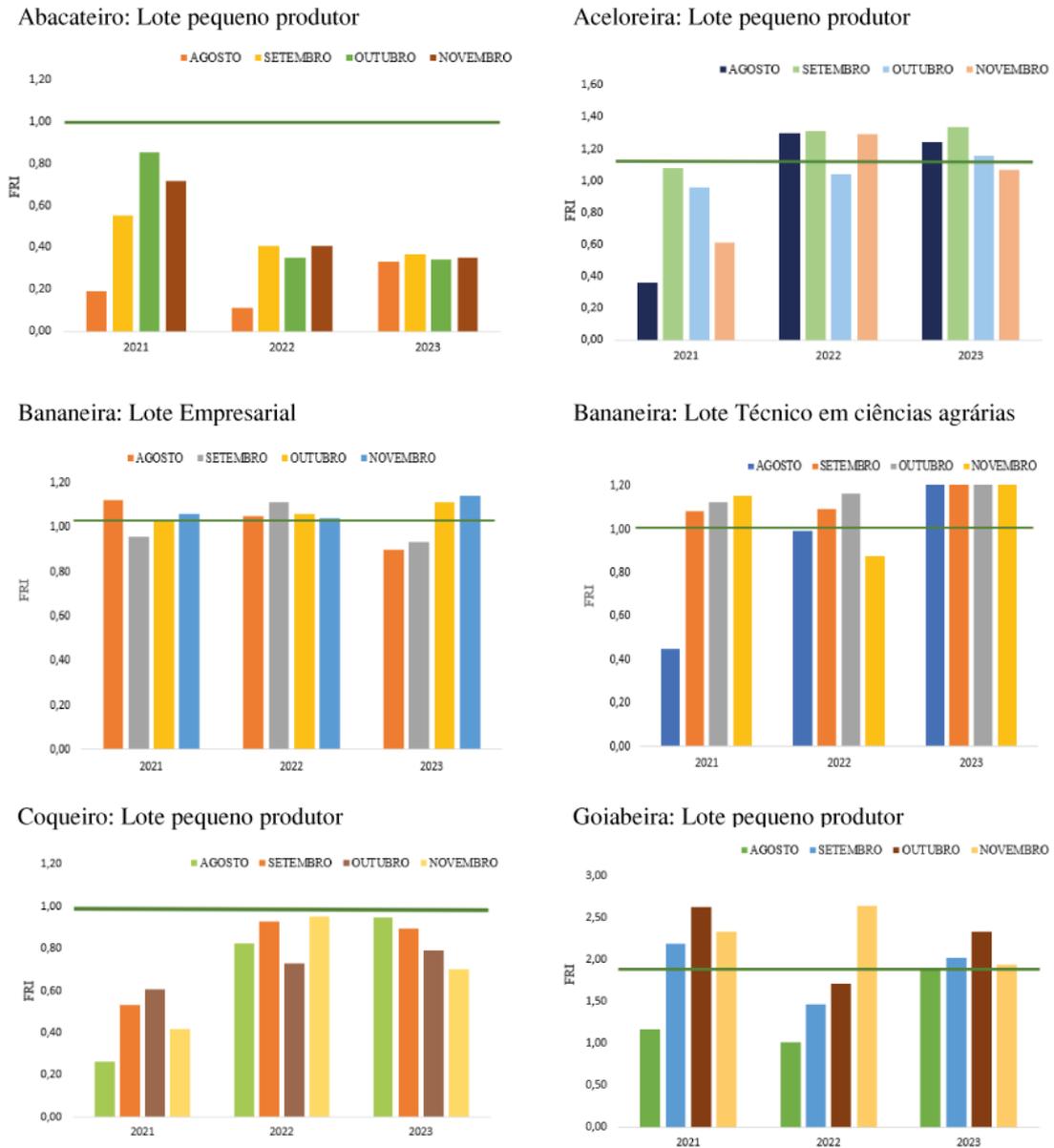
  

ANO 2022										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	3.781,0	195,0	0,85	165,8	0,6	99,5	3	96,5	3723,0	1,02
Setembro	6.232,0	219,3	0,85	186,4	0,6	111,8	2	109,8	4239,9	1,47
Outubro	7.933,0	238,4	0,85	202,6	0,6	121,6	2	119,6	4615,9	1,72
Novembro	11.771,0	229,8	0,85	195,3	0,6	117,2	2	115,2	4446,6	2,65

ANO 2023										
MESES	Vol. Forn. (m <sup>3</sup> )	ETo (mm/mês)	Kc	ETm (mm/mês)	Kr	ETc (mm/mês)	Prec. Ef. (mm)	N.I. (mm/mês)	Vol. Req. (m <sup>3</sup> )	<b>FRI</b>
Agosto	8.654,0	195,0	1,03	200,9	0,6	120,5	3	117,5	4535,9	1,91
Setembro	10.444,0	219,3	1,03	225,9	0,6	135,5	2	133,5	5154,2	2,03
Outubro	13.117,0	238,4	1,03	245,6	0,6	147,3	2	145,3	5609,8	2,34
Novembro	10.523,0	229,8	1,03	236,7	0,6	142,0	2	140,0	5404,6	1,95

Figura 1. Fornecimento relativo de irrigação dos cultivos avaliados.



Na Tabela 9 são apresentados os dados relativos às precipitações pluviométricas mensais no período de 2021 a 2023, as quais demonstram baixas magnitudes nos meses de agosto a novembro. Neste período, os valores de precipitação efetiva são de baixíssima magnitude demonstrando que no cálculo dos requerimentos de água dos cultivos, os mesmos podem até ser negligenciados e, portanto, para as condições em que a pesquisa foi realizada e nos meses analisados, a estratégia seja de irrigação plena e não suplementar.

Tabela 9: Dados Pluviométricos de Russas/CE

Meses	2021	2022	2023
Jan	0,0	118,0	53,2
Fev	61,5	41,9	139,3
Mar	248,4	251,4	262,0
Abr	107,5	250,0	293,1
Mai	71,3	168,2	77,1
Jun	0,0	60,9	23,9
Jul	0,0	25,4	9,8
Ago	0,0	7,7	0,0
Set	0,0	0,6	0,2
Out	0,2	4,7	0,0
Nov	2,6	0,5	1,4
Dez	19,8	39,5	103,2
Total	511,3	968,8	963,2

Fonte: Funceme

Dentre os cultivos analisados destacam-se a bananeira com o maior requerimento de água no período de agosto a novembro (785,3 mm) e o coqueiro (732,3 mm), ao passo que a cultura da goiabeira se apresenta com a menor demanda de água (536,4 mm).

No ano agrícola de 2022, os cultivos do abacateiro (32,0 ha), da aceroleira (327,9 ha), da bananeira (790,5 ha), do coqueiro (421,6 ha) e da goiabeira (550,6 ha), juntos representaram 52,5% do total das culturas estabelecidas no Tabuleiros de Russas (DNOCS, 2022). Cabe destacar que a cultura com maior requerimento de água (bananeira) foi também a que apresentou a maior área cultivada dentre todos os cultivos estabelecidos, sejam eles anuais ou perenes.

Nos meses de outubro e novembro verificaram-se os picos de demandas de água, sendo que as culturas da bananeira e do coqueiro, respectivamente com demandas médias diárias de 6,9 e 6,4 mm dia<sup>-1</sup>, foram as que apresentaram os maiores valores. Considerando que o Tabuleiros de Russas foi dimensionado para operar com vazões específicas ou unitárias da ordem de 1,0 a 1,15 Ls<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup>, para lotes empresariais e de pequenos produtores, respectivamente,

e a operar sistemas de irrigação localizados (gotejamento e microaspersão), verifica-se que a vazão específica de  $1,0 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  atende plenamente ao requerimento líquido da cultura de maior demanda, contanto que o sistema de irrigação opere com eficiência de aplicação mínima de 80%.

Os valores do indicador Fornecimento Relativo da Irrigação (FRI) indicam que o manejo da irrigação praticado no cultivo da bananeira no lote empresarial, de uma forma geral, proporcionou baixos níveis de estresse hídrico (déficit ou excesso) nos anos avaliados, demonstrando assim, um manejo adequado da irrigação sob a ótica da reposição da necessidade hídrica da cultura. No ano de 2022 no lote de empresário, por exemplo, o FRI médio foi de 1,06 significando que foi aplicado somente 6% a mais de água do que a teoricamente necessária para a máxima evapotranspiração dos cultivos.

De outra forma, nos demais cultivos estabelecidos em lotes de pequenos produtores, depreende-se que a irrigação é realizada de forma empírica e, portanto, desprovida de critérios técnicos. Cabe aqui destacar que os pequenos produtores dos projetos públicos de irrigação do DNOCS estão desassistidos de Assistência Técnica desde meados de 2008.

O FRI, portanto, valida um cenário que de alguma forma já era esperado e assim, para as condições do Projeto Tabuleiros de Russas se verifica a necessidade de um Serviço de Assessoramento ao Irrigante para os pequenos produtores ou alternativamente, estratégias que permitam a divulgação no âmbito do projeto quanto ao manejo da irrigação praticado por agricultores irrigantes tais como os aqui avaliados no cultivo da bananeira, como forma de proporcionar um efeito demonstração.

Beltrão Jr. et al. (2017) analisaram o indicador Fornecimento Relativo de Irrigação no Projeto de Irrigação Baixo Acaraú como estratégia para a gestão do Distrito de Irrigação, e verificaram que os resultados demonstraram a importância do indicador para a gestão do Distrito de Irrigação na busca da sustentabilidade hídrica, de vez que permitiu identificar os agricultores irrigantes que utilizam água em excesso ou déficit, ou seja, sem levar em conta princípios técnicos.

Andrade Jr., Mateos & Gonzalez-Dugo (2014) utilizaram o indicador Fornecimento Relativo da Irrigação (FRI) para avaliar o desempenho do Distrito de Irrigação “Sector BXII del Bajo Guadalquivir”, região Sul da Espanha, e observaram que nos setores A e C, com valores de FRI iguais a 0,951 e 0,938, respectivamente, efetivamente havia sido aplicado 95,1% e 93,8% do volume de água ideal para os cultivos. Por outro lado, no setor B, com FRI igual a 1,19, havia sido aplicado 19% a mais de água do que a teoricamente necessária para máxima ET dos cultivos.

## 4.2 Avaliação de sistemas de irrigação localizados

Nas Tabelas 10, 11 e 12 são apresentados os resultados de CUC, CUD e CUE obtidos nas avaliações dos sistemas de irrigação por microaspersão para as culturas da aceroleira, da bananeira e da goiabeira, respectivamente.

Tabela 10. Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da aceroleira.

<b>Coeficientes de uniformidade (%)</b>	<b>Lotes</b>			
	<b>C-353</b>	<b>C-534</b>	<b>C-379</b>	<b>C-160</b>
<b>CUC</b>	79,23	82,82	93,17	95,33
<b>CUD</b>	70,67	75,46	90,12	94,45
<b>CUE</b>	70,85	79,53	91,49	92,49

Fonte: Autor.

Tabela 11. Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da bananeira.

<b>Coeficientes de uniformidade (%)</b>	<b>Lotes</b>			
	<b>C-167</b>	<b>C-031</b>	<b>C-037</b>	<b>C-033</b>
<b>CUC</b>	74,43	76,88	90,30	90,69
<b>CUD</b>	65,99	62,91	85,19	88,97
<b>CUE</b>	68,71	70,60	88,76	88,17

Fonte: Autor.

Tabela 12. Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD e CUE) para a cultura da goiabeira.

<b>Coeficientes de uniformidade (%)</b>	<b>Lotes</b>			
	<b>C-131</b>	<b>C-424</b>	<b>C-041</b>	<b>C-013</b>
<b>CUC</b>	78,21	83,76	85,48	92,98
<b>CUD</b>	69,31	75,15	76,70	87,60
<b>CUE</b>	71,29	78,56	82,58	88,77

Fonte: Autor.

Mantovani et al. (2009) afirmam que o CUD é uma medida mais restritiva, pois ao se melhorarem as técnicas de manejo, preocupa-se mais com as plantas que recebem menos água. López et al. (1992), Frizzone e Dourado Neto (2003) também afirmam que o CUD é o mais indicado na avaliação de sistemas de irrigação localizada por possibilitar uma medida com

maior impacto no desenvolvimento da cultura, haja vista este índice proporciona maior peso às plantas que recebem menos água. Geralmente, baixos valores de uniformidade levam à um maior consumo de água e de energia elétrica, maior perda de nutrientes onde ocorre percolação profunda, ao mesmo tempo em que plantas com déficit hídrico podem aparecer em proporção significativa na área irrigada, diminuindo o rendimento da cultura.

Considerando o exposto e tomando o CUD como referência para fins de análise, se verifica que 58,3% dos sistemas avaliados apresentam uniformidade de distribuição classificada como razoável e ruim e apenas 16,7% com uniformidade de distribuição classificada como excelente. A eficiência de aplicação ( $E_a$ ) estimada em base a relação  $E_a = 0,9 \times \text{CUD}$  (Merriam e Keller, 1978) apresentaram valores inferiores a 80% em nove dos 12 sistemas de irrigação avaliados, e portanto, classificados como inaceitáveis.

Cabe aqui destacar que as áreas avaliadas se referem a lotes de pequenos produtores, que de um modo geral estão totalmente desassistidos de Assistência Técnica e Extensão Rural, porquanto desde meados de 2008 não foram renovados os contratos e/ou convênios nesta perspectiva.

Dentre os fatores que estão contribuindo de forma efetiva com os baixos níveis de uniformidade na aplicação de água na maioria dos lotes avaliados, destacam-se a introdução de linhas laterais entre as dimensionadas no projeto original, o uso de diferentes emissores com diferentes vazões, a introdução de emissores entre os já existentes nas linhas laterais, a substituição de emissores dimensionados no projeto inicial por emissores de maior vazão, vazamentos nas linhas laterais, vazamentos por falta de emissores nos microtubos e emissores obstruídos.

Importante destacar que a má distribuição de água também impacta diretamente na distribuição de nutrientes minerais na fertirrigação, comprometendo a produtividade dos pomares.

Neste ambiente e em especial para o porte de agricultores irrigantes familiares dos Projetos Públicos de Irrigação, de um modo geral tem se observado que aspectos relacionados à comercialização, crédito rural, organização da produção, problemas fitossanitários, nutrição, dentre outros, são considerados mais relevantes que o uso sustentável da irrigação, e neste sentido urge a necessidade de uma ação que busque em curto prazo permitir que os agricultores irrigantes possam se apropriar do conhecimento básico relacionado ao manejo sustentável da irrigação, ação esta que só se vislumbra ser factível com a parceria entre agricultores irrigantes e o Distrito de Irrigação (Distar), e uma mão mais enérgica do Estado no cuidado e controle da água.

### 4.3 Indicadores de Desempenho do Distrito de Irrigação

As discussões e interpretações serão procedidas a partir dos dados secundários coletados junto ao Dnocs, Cogerh e Distar, e seguindo as orientações do TCU para avaliação do desempenho de um Projeto Público de Irrigação com uma visão de futura autogestão.

Na Tabela 13 constam as variáveis que foram utilizadas nos cálculos dos indicadores de desempenho do Distar, os quais constituirão em ferramenta que dará suporte às tomadas de decisões futuras pela gerência do Distrito de Irrigação do Projeto Tabuleiros de Russas, em consonância com os agricultores irrigantes, na perspectiva de uma visão mais clara sobre os rumos que este Projeto está tomando com as atuais condições da gestão e números que estão sendo gerados.

Tabela 13. Variáveis consolidadas para o cálculo dos Indicadores de Desempenho do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará.

Variáveis	Ano					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Custo O & M (R\$)	2.637.285,00	1.707.624,00	4.073.924,00	3.819.174,00	3.496.448,00	3.922.284,00
K2 faturado (R\$)	1.719.163,00	2.154.514,00	2.439.435,00	2.320.074,00	2.270.598,00	1.984.824,00
K2 arrecadado (R\$)	1.685.409,00	2.108.203,00	2.326.376,00	2.150.468,00	1.994.399,00	1.674.294,00
Área cultivada (ha)	4.750	5.734	6.065	3.178	3.164	2.305
VBP (R\$)	59.958.327,00	91.907.686,00	107.752.894,00	63.977.215,00	63.126.450,00	49.250.108,00
Área colhida (ha)	4.750	5.734	6.065	3.178	3.164	2.305
Volume de água (m3)	57.524.933	64.497.994	78.065.090	56.566.293	41.056.379	26.961.944
Área Irrigada (ha)	4.750	5.734	6.065	3.178	3.164	2.305
Área entregue (ha)	10.765	10.765	10.765	10.765	10.765	10.765

Continua...

Variáveis	Ano				
	2018	2019	2020	2021	2022
Custo O & M (R\$)	3.393.679,00	3.331.586,00	3.629.560,00	4.031.688,00	4.375.923,00
K2 faturado (R\$)	2.326.483,00	2.714.613,00	2.827.528,00	3.491.176,00	3.386.253,00
K2 arrecadado (R\$)	2.055.680,00	2.239.353,00	2.466.829,00	3.052.154,00	3.147.285,00
Área cultivada (ha)	2.113	2.051	2.594	4.711	4.046
VBP (R\$)	44.864.894,00	32.799.902,00	43.341.088,00	62.308.180,00	90.901.965,00
Área colhida (ha)	2.113	2.051	2.594	4.711	4.046
Volume de água (m3)	25.849.770	28.124.058	32.657.933	46.460.468	42.253.667
Área Irrigada (ha)	2.113	2.051	2.594	4.711	4.046
Área entregue (ha)	10.765	10.765	10.765	10.765	10.765

#### 4.3.1. Indicador de Autossustentabilidade (IAS)

Na Tabela 14 constam os valores do indicador de autossustentabilidade do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas no período de 2012 a 2022.

Tabela 14. Indicador de Autossustentabilidade do projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	Custo O & M (R\$)	K2 Arrecadado (R\$)	IAS (R\$/R\$)
2012	2.637.285,23	1.685.409,79	1,56
2013	1.707.624,51	2.108.203,72	0,81
2014	4.073.924,30	2.326.376,54	1,75
2015	3.819.174,85	2.150.468,74	1,78
2016	3.496.448,23	1.994.399,70	1,75
2017	3.922.284,66	1.674.294,60	2,34
2018	3.393.679,11	2.055.680,16	1,65
2019	3.331.586,68	2.239.353,72	1,49
2020	3.629.560,71	2.466.829,78	1,47
2021	4.031.688,27	3.052.153,98	1,32
2022	4.375.923,50	3.147.284,99	1,39

Neste período de 11 anos que estão em avaliação, o indicador mostra que somente em 2013 o Distar arrecadou valores de K<sub>2</sub> suficiente para cobrir com certa folga as despesas necessárias para operar e manter o Projeto, não havendo assim aporte de verba suplementar do Governo Federal para o mesmo se manter produzindo. Já no ano seguinte se observa um crescimento expressivo dos custos de O & M, muito provavelmente provocado por uma manutenção menos eficiente no ano anterior. Esta evidência mostra que fazer as manutenções certas na hora certa e de forma preventiva, pode ser mais barato do que acumular.

O ano de 2017 se apresenta como o mais crítico, fato este decorrente da longa seca (2012 a 2017) que limitou o fornecimento de água para irrigação. Neste ano o IAS foi de 2,34, sendo tal fato decorrente de uma queda de 16% na arrecadação da tarifa K<sub>2</sub> e um aumento nos custos de O & M correspondente a 12,2%, sendo este o ano de menor valor arrecadado de K<sub>2</sub> como consequência da redução de 62% na área irrigada, comparativamente ao ano de 2014, quando o Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas contava com uma área irrigada de 6.065 ha.

Avaliando-se a relação entre os custos de operação e manutenção e o K<sub>2</sub> arrecadado, observados pelo indicador de autossustentabilidade ao longo dos anos, se tem uma média de 1,57, índice que aponta para a necessidade de estratégias para avanços na ocupação das áreas ainda improdutivas que atualmente levam à média desse índice para um valor muito expressivo, considerando que se buscam valores mais próximos de 1,0.

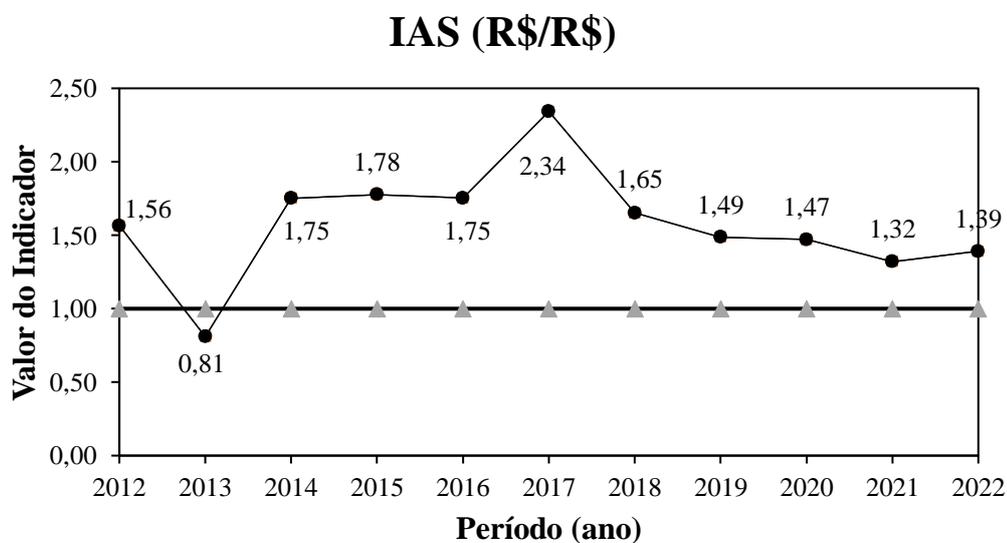
À exceção do ano de 2013, cujo valor de IAS foi 0,81; em todos os demais anos os valores de IAS foram bem superiores a 1,0 (Figura 2), necessitando assim do aporte de recursos financeiros por parte do Governo Federal para complementar a arrecadação necessária aos serviços de Operação e Manutenção da infraestrutura de uso comum do Projeto de Irrigação.

Vale destacar que, mesmo com a baixa ocupação da primeira etapa deste Projeto, máximo de 56,34% no ano de 2014, o Governo Federal já implementou a segunda etapa que também somará em despesas de O & M na infraestrutura de uso comum.

Considerando a reduzida e instável evolução na área ocupada e, portanto, dos recursos arrecadados ao longo tempo, é de se presumir a necessidade de um longo período para que o estágio de emancipação seja alcançado, ou seja, que a curva de evolução das despesas de administração, operação e de manutenção encontre a curva de evolução da receita da tarifa de água paga pelos agricultores irrigantes. Segundo o Banco Mundial (2004), o período médio de consolidação de um projeto de irrigação é de 10 a 15 anos.

Percebe-se nos projetos públicos de irrigação do Brasil que grande parte da inadimplência é consequência do fato dos mesmos serem públicos, e boa parte dos irrigantes considera que o Governo Federal, pelo seu lado assistencialista, estará continuamente aportando os recursos no Projeto, o que tem postergado o tempo para o alcance da autossustentabilidade.

Figura 2. Indicador de Autossustentabilidade do Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - CE, no período de 2012 à 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O que se pode deduzir com os dados deste Indicador é de que a capacidade do Projeto Irrigado em gerar recursos necessários à sua autogestão só se concretizará com o aumento na área cultivada e disponibilizada no início das operações do Projeto. Naturalmente que tudo dependerá de bons períodos de recarga dos reservatórios (Orós e Castanhão) como também por meio da eficiente transferência de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Uma outra opção para contribuir com a autossustentabilidade seria a criação de um Fundo de Reserva para assegurar qualquer comprometimento da funcionalidade do Projeto. Neste caso este Indicador deverá ser menor que 1,0, pois a arrecadação deverá ser maior do que o custo de O & M. Vemos que esta situação aconteceu somente no ano de 2013, quando o IAS do Projeto Irrigado foi de 0,81 ocasião em que os custos de O & M foram inferiores em 19% em relação ao valor da arrecadação.

Havendo inadimplência na tarifa mensal de água  $K_2$ , este Indicador pode sinalizar à Gerência do Projeto para a necessidade de ajustar as despesas de administração, operação e manutenção ao seu nível de gasto médio, buscando uma alternativa racional de conduzir e controlar as despesas extras, ou em consonância com os produtores, de forma não rotineira, promover pequenos aumentos na tarifa média mensal de água  $K_2$ , tendo como referência o resultado deste Indicador. Caso a taxa de inadimplência seja igual ou maior a 10%, dá para deduzir que os problemas não estão relacionados aos custos de O & M do Projeto Irrigado.

Na administração de um Projeto de Irrigação, os gestores devem considerar a O & M como sendo uma das principais variáveis para avaliação de um Projeto de Irrigação, sendo este o maior sinalizador de indicação da Autossustentabilidade, apontando junto com outros indicadores, quanto do Custo de um Hectare em Produção e o Valor da Produção é necessária para cobrir os custos de O & M. O Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas carece de um significativo aumento na ocupação de seus lotes que não estão produzindo para apontar um rumo mais claro para a autossustentabilidade.

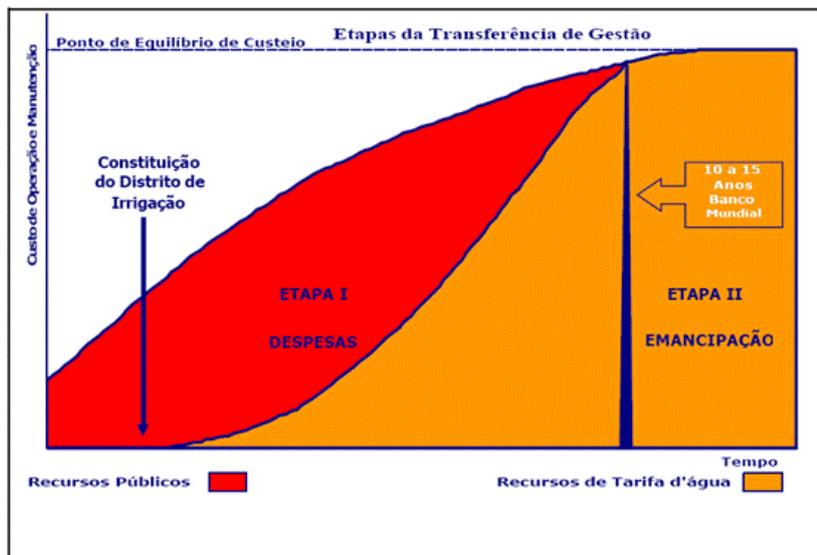
Gonçalves et al. (2015) utilizaram a ferramenta de redes neurais para analisar a capacidade de autogestão de 29 projetos públicos federais de irrigação, sendo 17 da Codevasf e 12 do Dnocs. Constataram que os Projetos Nilo Coelho, Curaçá I, Pirapora e Maniçoba, pertencentes à Codevasf apresentaram os melhores desempenhos e que o Projeto Tabuleiros de Russas, pertencente ao Dnocs foi classificado como apto a autogestão, porém com probabilidade de apenas 51,4% de pertencer a esse grupo.

A autossustentabilidade de um Projeto de Irrigação é naturalmente consequência da organização do seu Distrito, que deve cumprir com o seu objetivo de administrar, manter e operar a infraestrutura de uso comum, e que suas metas definidas pelos seus Conselhos sejam

postas em prática. Importante ainda que todos cumpram os seus regimentos internos, os quais devem conter cláusulas que permitam o controle efetivo de pagamento da taxa de água pelos usuários.

De acordo com o Banco Mundial (2004), o estágio de emancipação é alcançado quando a curva de evolução das despesas de administração, de operação e de manutenção encontra a curva de evolução da receita da tarifa de água paga pelos produtores, conforme ilustração contida na Figura 3, cujo período dura entre 10 e 15 anos após o projeto entrar em operação.

Figura 3. Dinâmica do processo da transferência de gestão



Fonte: Banco Mundial (2004).

#### 4.3.2. Custo para o Distrito de Irrigação de um Hectare em Produção (ICHP)

Na Tabela 15 se observa um crescimento expressivo no custo de O & M a partir de 2014, quando a seca, iniciada em 2012, já se encontrava mais estabilizada, tendo como consequência um aumento expressivo no valor do Indicador, resultante da redução significativa da área irrigada em decorrência da brusca redução na vazão disponibilizada ao Distar, a qual era de  $2,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 2014, sendo reduzida a  $0,95 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 2017, e voltando ao patamar de  $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 2020.

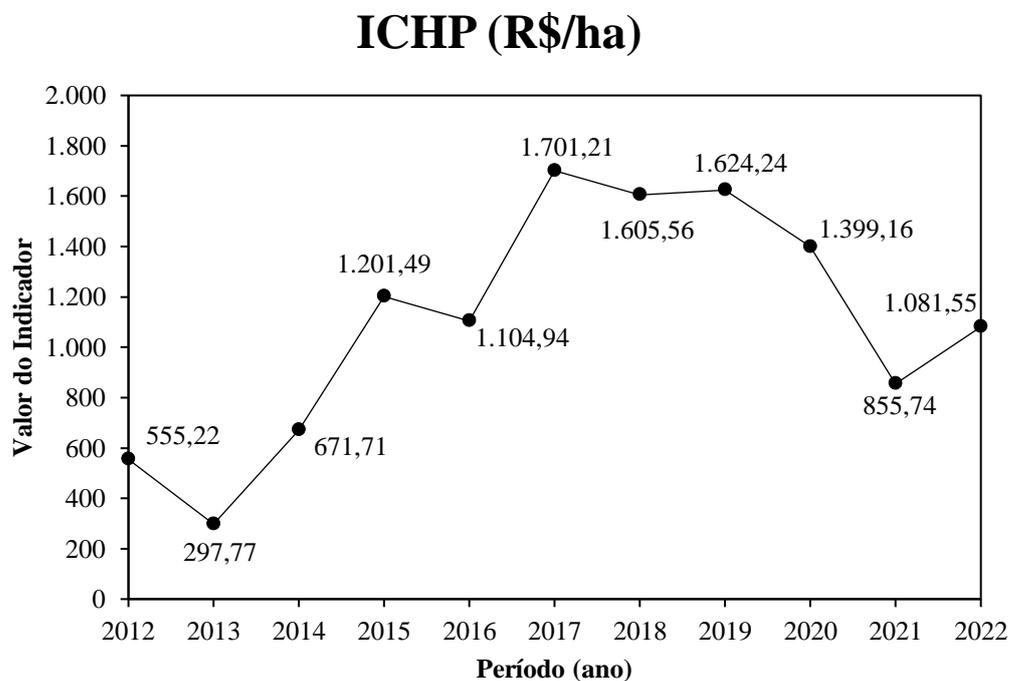
O custo de O & M de 2015 a 2020 se manteve em um patamar mais elevado com redução a partir de 2021 resultante da melhoria das quadras chuvosas e recarga dos reservatórios que passaram a liberar um maior volume de água àquele Projeto que passou a aumentar de

forma significativa o número de hectares anualmente cultivados provocando redução do custo médio do hectare em produção para o Distrito de Irrigação (Figura 4).

Tabela 15. Custo de Um Hectare em Produção no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

Ano	Custo O&M (R\$)	Área (ha)	ICHP (R\$/ha)
2012	2.637.285,23	4.749,96	555,22
2013	1.707.624,51	5.734,68	297,77
2014	4.073.924,30	6.064,99	671,71
2015	3.819.174,85	3.178,70	1.201,49
2016	3.496.448,23	3.164,38	1.104,94
2017	3.922.284,66	2.305,58	1.701,21
2018	3.393.679,11	2.113,70	1.605,56
2019	3.331.586,68	2.051,17	1.624,24
2020	3.629.560,71	2.594,10	1.399,16
2021	4.031.688,27	4.711,37	855,74
2022	4.375.923,50	4.045,96	1.081,55

Figura 4. Custo de Um Hectare em Produção no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do custo para manter um hectare irrigado no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas, de 2012 a 2015, teve um aumento significativo de 116,4% refletindo uma redução no número de hectares irrigados de 33,08% pela diminuição da água fornecida consequente da seca acentuada que se estabelecia. Já no período de 2015 a 2019 esta taxa cresceu somente 35,18% contra uma redução semelhante no número de hectares plantados de 35,47%. Com o retorno das chuvas que promoveu melhor aporte dos reservatórios e natural disponibilidade de recursos hídricos para o Projeto, se vislumbrou uma melhor situação para os gestores do Projeto que mesmo com um aumento de 55,97% da área cultivada houve redução no valor para manter um hectare do Projeto em 22,7%.

Numa avaliação mais detalhado e tomando-se por base os anos de 2013 e 2021 cujos custos para manter um hectare foram de R\$ 297,77 e R\$ 855,74, respectivamente, se percebe a necessidade de aumento do número de hectares irrigados visando reduzir e dividir melhor os custos de O & M deste Projeto, pois o número de hectares cultivados é mais significativo, mesmo não sendo suficiente para uma maior redução deste custo.

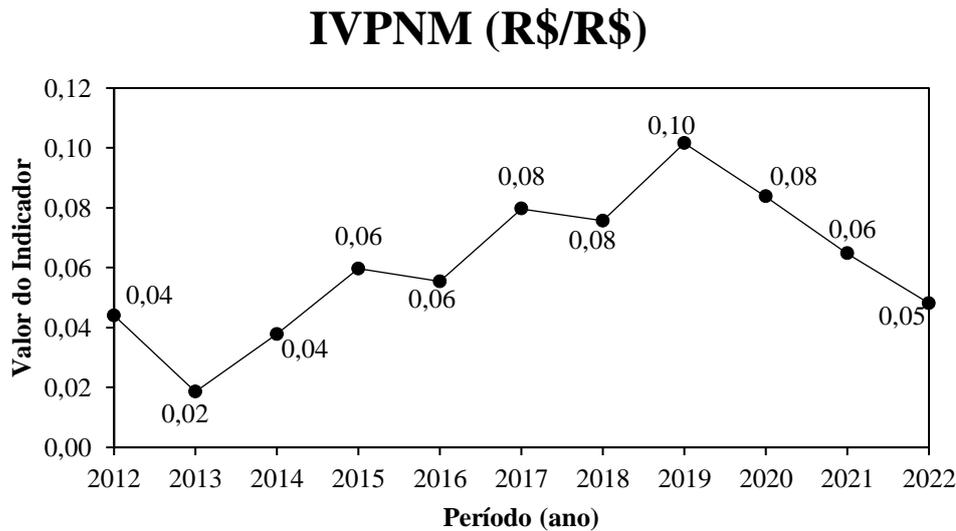
#### **4.3.3. Percentual da Produção Necessário para O & M (IVPNM)**

A Tabela 16 apresenta os dados necessários ao cálculo do indicador e os respectivos valores do indicador relativos ao período 2012 a 2022, os quais estão ilustrados na Figura 5.

Tabela 16. Percentual de Produção Necessária para O & M no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	Custo O & M (R\$)	VBP (R\$)	IVPNM (R\$/R\$)
2012	2.637.285,23	59.958.327,28	0,04
2013	1.707.624,51	91.907.686,58	0,02
2014	4.073.924,30	107.752.893,97	0,04
2015	3.819.174,85	63.977.214,97	0,06
2016	3.496.448,23	63.126.450,19	0,06
2017	3.922.284,66	49.250.108,83	0,08
2018	3.393.679,11	44.864.894,19	0,08
2019	3.331.586,68	32.799.902,31	0,10
2020	3.629.560,71	43.341.088,75	0,08
2021	4.031.688,27	62.308.180,02	0,06
2022	4.375.923,50	90.901.965,49	0,05

Figura 5. Percentual de Produção Necessária para O & M, no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas, no período de 2012 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados demonstram claramente a influência do período de escassez hídrica sobre os valores do indicador, tendo em vista a brusca redução nos dados de VBP após a redução na vazão disponibilizada ao Distar. Cabe ainda observar que a tendência de melhoria no valor deste indicador só veio a ocorrer quatro anos após o final do período de escassez hídrica.

Em 2019 o IVPNM chegou a 0,10 significando que 10% das riquezas geradas no Projeto com a venda da produção (receita bruta) foi consumido pela O & M. Indica ainda que o valor da produção total do Projeto neste mesmo ano foi 10 (dez) vezes maior que o custo de O & M. Porém, em 2013 este índice chegou somente a 0,02; ou seja, apenas 2% das riquezas geradas foi consumido pela O & M, mostrando que neste ano os resultados da comercialização foram muito favoráveis aos produtores. Portanto, este Indicador é sensivelmente influenciado pelo bom resultado da comercialização, apontando que quanto maior o VBP, menor o valor deste Indicador, num cenário de custo de O & M com pouca variação.

Há de se considerar ainda que uma boa assistência técnica que traga melhores resultados de produtividade associados a uma boa organização dos produtores na hora da comercialização dos produtos, certamente levará este índice para baixo somado a uma gestão equilibrada que não onere a O & M por algum relaxamento, o que proporcionará um melhor resultado financeiro para os agricultores irrigantes.

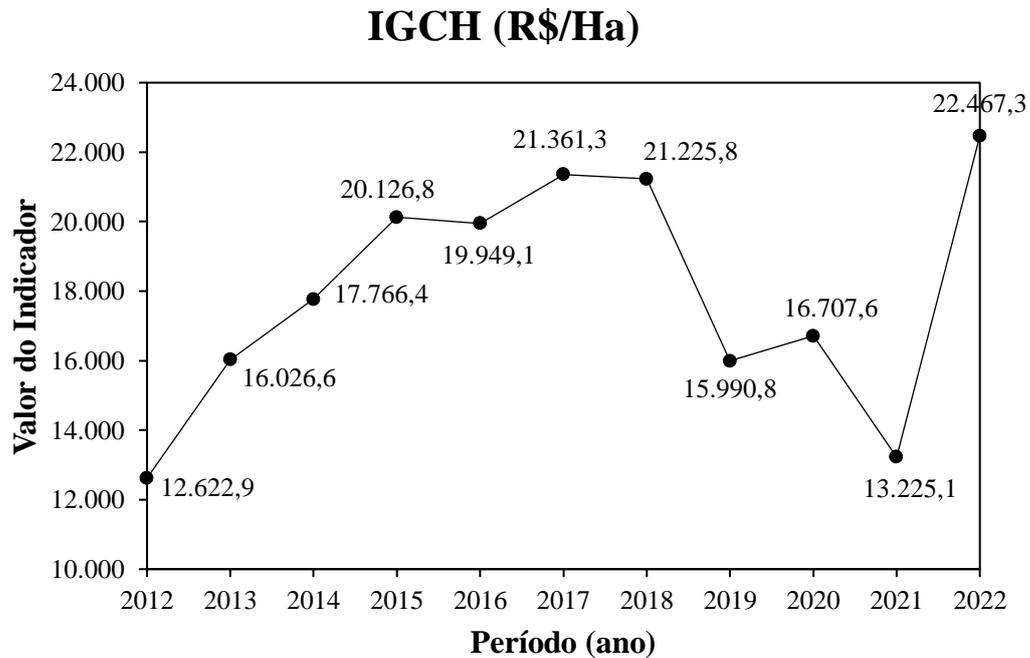
#### 4.3.4. *Geração de Receita por Hectare (IGRH)*

Na Tabela 17 visualizam-se as variáveis necessárias ao cálculo e os respectivos valores do indicador Geração de Receita por Hectare relativos ao período 2012 a 2022, cuja ilustração é apresentada na Figura 6.

Tabela 17. Indicador Geração de Receita por Hectare no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	VBP (R\$)	Área Colhida (ha)	IGRH (R\$/ha)
2012	59.958.327,28	4.749,96	12.622,91
2013	91.907.686,58	5.734,68	16.026,65
2014	107.752.893,97	6.064,99	17.766,38
2015	63.977.214,97	3.178,70	20.126,85
2016	63.126.450,19	3.164,38	19.949,07
2017	49.250.108,83	2.305,58	21.361,27
2018	44.864.894,19	2.113,70	21.225,76
2019	32.799.902,31	2.051,17	15.990,83
2020	43.341.088,75	2.594,10	16.707,56
2021	62.308.180,02	4.711,37	13.225,07
2022	90.901.965,49	4.045,96	22.467,34

Figura 6. Geração de receita por hectare no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As variações observadas no indicador geração de receita por hectare não são bruscas no período de escassez hídrica, tendo em vista que o percentual de redução no valor bruto da produção guarda similaridade com o percentual de redução na área colhida, conforme se observa ao comparar os dados relativos aos anos de 2014 e 2019, cujas reduções são percentualmente praticamente as mesmas.

Tecnicamente, o indicador Geração de Receita por Hectare tem fundamental importância, pois permite avaliar os resultados da assistência técnica prestada aos irrigantes, bem como os resultados da comercialização dos produtos.

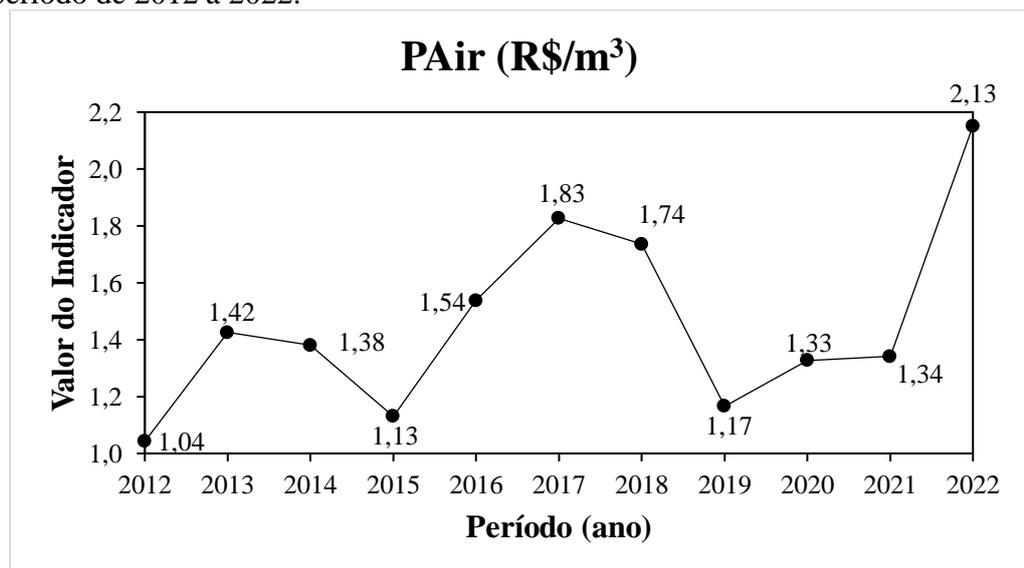
#### **4.3.5. Produtividade da Água de Irrigação (PAir)**

Na Tabela 18 são apresentados os valores das variáveis e os respectivos valores do Indicador Produtividade da Água de Irrigação relativos ao período 2012 a 2022, cuja ilustração é apresentada na Figura 7.

Tabela 18. Produtividade da água de irrigação no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	VBP (R\$)	Volume de água (m <sup>3</sup> )	PAir (R\$/m <sup>3</sup> )
2012	59.958.327,28	57.524.933,78	1,04
2013	91.907.686,58	64.497.994,87	1,42
2014	107.752.893,97	78.065.090,25	1,38
2015	63.977.214,97	60.591.987,38	1,06
2016	63.126.450,19	42.368.455,32	1,49
2017	49.250.108,83	27.297.686,38	1,80
2018	44.864.894,19	25.336.682,64	1,77
2019	32.799.902,31	28.103.403,01	1,17
2020	43.341.088,75	32.287.223,41	1,34
2021	62.308.180,02	46.201.312,21	1,35
2022	90.901.965,49	42.696.213,35	2,13

Figura 7. Produtividade da água de Irrigação no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dada a escassez de água para irrigação que vem acontecendo em várias partes do mundo, avaliar o seu uso na irrigação como um insumo gerador de riquezas tem sido foco nos projetos de irrigação. Então, um olhar mais focado em ver o resultado do uso da água através de um Indicador se tornou um importante instrumento de gestão e acompanhamento sobre sua

melhor eficiência no seu uso aumentando os resultados de produtividade e principalmente a receita financeira para cada unidade de uso deste indispensável insumo.

O incremento no valor da produtividade da água no ano de 2016 em relação ao ano de 2015 está associado a uma redução de 30% no volume anual de água utilizado, tendo em vista praticamente não ter ocorrido alteração no valor bruto da produção entre estes dois anos.

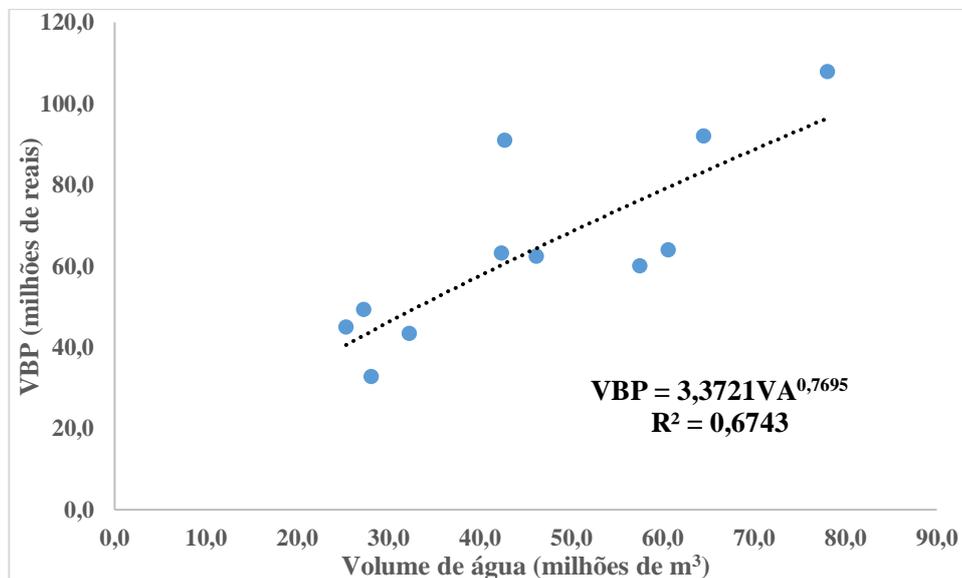
O ano de 2022 se apresenta com o maior valor da produtividade da água de irrigação no período analisado, atingindo R\$ 2,13 de receita financeira para cada m<sup>3</sup> de água utilizada no Projeto. Neste ano, o VBP é praticamente igual ao obtido no ano de 2013, porém se observa uma redução de 33,8% no volume de água anual utilizado em 2022.

Reforça-se aqui que este Indicador está diretamente ligado à utilização racional da água como fator de produção com conseqüente geração de receita bruta por unidade de volume de água utilizado. Trata-se de uma importante ferramenta de gestão para análise do projeto irrigado ao longo do tempo, a fim de identificar a eficiência de utilização da água e até para fazer comparações com outros projetos de irrigação que tenha semelhança.

Trabalhar e focar para se atingir uma boa produtividade da água de irrigação sinaliza um avanço de muita relevância em um projeto de irrigação e proporciona condições para reduzir a inadimplência no pagamento da tarifa mensal de água (K<sub>2</sub>).

A equação de ajuste contida na Figura 8 expressa um aumento de VBP a uma taxa decrescente com o incremento no volume de água, sendo necessária uma expansão de área irrigada com culturas de alto valor agregado para que se obtenha um aumento de VBP a uma taxa crescente com o aumento no volume de água.

Figura 8. Valor bruto da produção em função do volume de água aplicado



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.6. Coeficiente de Utilização da Terra (CUT)

A Tabela 19 contém os valores das variáveis para o cálculo do indicador Coeficiente de Utilização da Terra e seus respectivos valores para o período compreendido entre 2012 e 2022, seguida da ilustração contida na Figura 9.

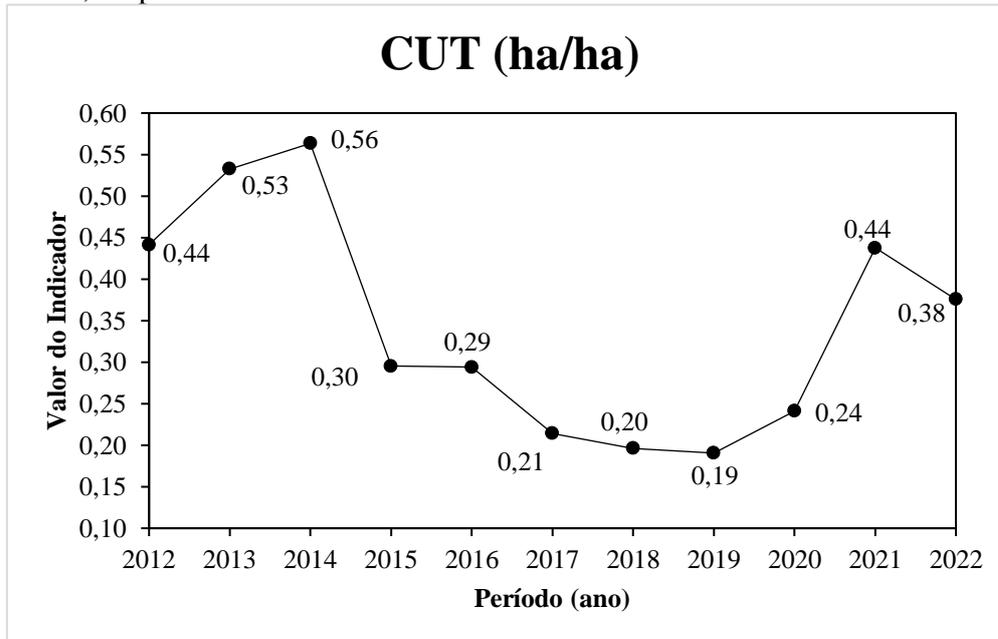
Tabela 19. Coeficiente de Utilização da Terra no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	Área Irrigada (ha)	Área Entregue (ha)	CUT (ha/ha)
2012	4.749,96	10.765,00	0,44
2013	5.734,68	10.765,00	0,53
2014	6.064,99	10.765,00	0,56
2015	3.178,70	10.765,00	0,30
2016	3.164,38	10.765,00	0,29
2017	2.305,58	10.765,00	0,21
2018	2.113,70	10.765,00	0,20
2019	2.051,17	10.765,00	0,19
2020	2.594,10	10.765,00	0,24
2021	4.711,37	10.765,00	0,44
2022	4.045,96	10.765,00	0,38

O indicador avalia a utilização da terra a partir de um número de hectares inicialmente entregue aos irrigantes, que neste projeto é de 10.765 hectares. No período em avaliação, o número total de hectares que foram utilizados com irrigação chegou a um máximo de 6.064,99 hectares correspondente a 56,34% do total das terras disponibilizadas, número muito baixo quando se olha para a autossustentabilidade do Projeto.

Cabe observar a expressiva variação anual no número de hectares irrigados, com um mínimo anual 2.051,17 hectares (19,05%) e o máximo de 6.064,99 hectares (56,34%), cuja variação foi provocada pelos severos anos de seca observados no período deste estudo que limitou a oferta de recursos hídricos ao projeto. Esta grande variação observada é refletida no indicador de utilização da terra.

Figura 9. Coeficiente de Utilização da Terra, no projeto de irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022



Fonte: Elaborado pelo autor.

A grande variação no valor do CUT ao longo dos 11 anos desta pesquisa, com queda expressiva a partir de 2015, decorrente das baixas reservas hídricas nos reservatórios Orós e Castanhão por ocasião da seca no período de 2012 a 2017.

O retorno ao crescimento das áreas irrigadas só aconteceu a partir de 2020, exatamente quando voltaram a acontecer períodos de chuvas mais regulares que proporcionaram aporte aos reservatórios que abastecem o projeto. O ano de 2014 apresentou o maior CUT levando a um consumo de água que rebaixou demasiadamente os reservatórios e provocou uma drástica redução da área irrigada no ano subsequente (2015) e anos seguintes que tiveram redução da área irrigada pela redução da água disponibilizada ao projeto até o ano de 2019.

A ocupação anual da terra com culturas é que define o CUT, no espaço e no tempo. Mesmo que o CUT seja um coeficiente, o mesmo pode apresentar variação conforme o ciclo da cultura explorada. Para culturas de ciclo longo ou perene, o coeficiente de ocupação anual da terra pode ser de no máximo 100%. A exceção está nos casos em que durante o período de crescimento da cultura exista algum tipo de consórcio ou culturas intercalares de ciclo curto. Para os casos das culturas de ciclo curto, numa área totalmente ocupada, este coeficiente será sempre maior ou igual a 100% e tantas vezes quantos forem os ciclos da cultura no ano.

Este coeficiente de utilização da terra pode ser excelente ferramenta para avaliação da Assistência Técnica e Extensão Rural, traduzindo seus resultados do uso racional e intensivo da área irrigada que promove desenvolvimento e geração de receitas aos irrigantes.

Mesmo para os projetos que tem alta eficiência no pagamento da tarifa de água K<sub>2</sub> pelos irrigantes, se os valores do CUT forem baixos isso deve ser uma preocupação dos gestores que devem empreender esforços em aumentar o número anual de hectares irrigados visando promover a sustentabilidade do Projeto, no que se refere ao cumprimento de metas (administração, operação e manutenção). Se o CUT for elevado este fato pode levar a um maior otimismo por parte dos irrigantes e suas organizações de produtores que atuam nos projetos, promovendo melhores resultados para todos os envolvidos.

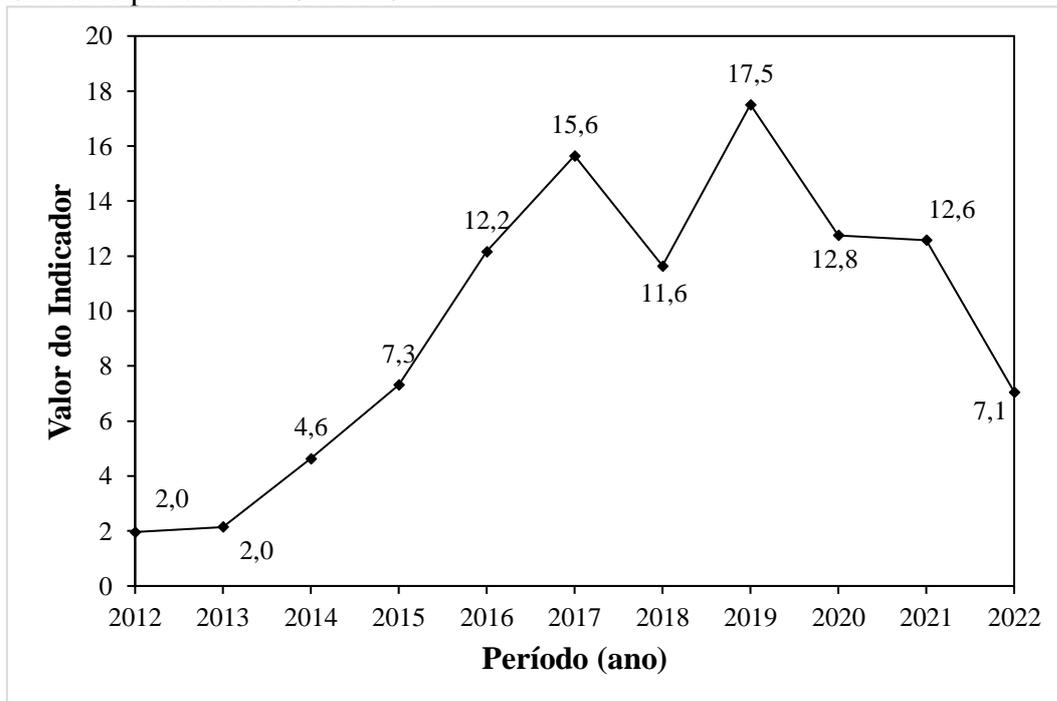
#### 4.3.7. Inadimplência da tarifa de água K<sub>2</sub>

A Tabela 20 contém os valores das variáveis para o cálculo do indicador Inadimplência da tarifa de água K<sub>2</sub> e seus respectivos valores para o período compreendido entre os anos de 2012 e 2022, seguida da ilustração contida na Figura 10.

Tabela 20. Inadimplência da tarifa de água K<sub>2</sub> no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará, no período de 2012 a 2022.

ANO	K <sub>2</sub> faturado (R\$)	K <sub>2</sub> arrecadado (R\$)	Inadimplência (%)
2012	1.719.163,68	1.685.409,79	2,0
2013	2.154.514,64	2.108.203,72	2,0
2014	2.439.435,72	2.326.376,54	4,6
2015	2.320.074,52	2.150.468,74	7,3
2016	2.270.598,07	1.994.399,70	12,2
2017	1.984.824,82	1.674.294,60	15,6
2018	2.326.483,80	2.055.680,16	11,6
2019	2.714.613,77	2.239.353,72	17,5
2020	2.827.528,00	2.466.829,78	12,8
2021	3.491.176,31	3.052.153,98	12,6
2022	3.386.253,16	3.147.284,99	7,1

Figura 10. Inadimplência da tarifa de água K<sub>2</sub> no Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas - Ceará no período de 2012 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados demonstram um incremento significativo na inadimplência durante o período de escassez hídrica, atingindo um pico no ano de 2019 com o percentual de 17,5%. No ano de 2014, o Distrito de Irrigação Tabuleiros de Russas operava uma vazão de  $2,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sendo que esta vazão foi reduzindo ao longo dos anos do período de escassez hídrica (2012 a 2017), chegando a operar com uma vazão de  $1,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  nos anos de 2018 e 2019 (Distar, 2020). A redução na disponibilidade de vazão impactou de forma muito forte na redução de área irrigada, e como consequência no valor bruto da produção e no incremento exponencial da inadimplência no referido período.

Gonçalves et al. (2015) criaram uma rede neural artificial a partir dos valores de desempenho obtidos por uma análise multivariada discriminante e mostraram ser capaz de avaliar o desempenho de Projetos Públicos de Irrigação. No estudo analisaram a capacidade de autogestão de 29 projetos de irrigação da Codevasf e do Dnocs utilizando indicadores de desempenho recomendados pelo TCU para avaliar os Distritos de Irrigação. Observaram que os projetos de irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí e Platôs de Guadalupe apresentaram os menores valores do indicador inadimplência. Cabe destacar que estes dois projetos de irrigação apresentam elevado nível de segurança hídrica porquanto são abastecidos por um rio perene (Rio Parnaíba).

O Projeto de Irrigação pode ser considerado autosustentável sob a ótica de sua gestão quando não há necessidade da injeção de recursos públicos e ele mantém todos os seus compromissos em dia, inclusive o pagamento da parcela anual da tarifa  $K_1$ , que é a tarifa de amortização do investimento realizado pelo Governo naquele projeto.

## 5. CONCLUSÕES

Os valores do indicador Fornecimento Relativo de Irrigação, em especial os obtidos em lotes de pequenos produtores, sinalizam para um manejo empírico da irrigação com tendência para aplicação de água em excesso, carecendo de ações de capacitação e de sensibilização dos agricultores irrigantes quanto ao uso racional do recurso hídrico disponível.

Os valores do indicador coeficiente de uniformidade de distribuição da água aplicada em praticamente 60% dos sistemas de irrigação avaliados, os classifica na faixa de razoável a ruim quanto à operação e, portanto bem aquém da sua condição potencial, refletindo assim a necessidade de um processo de conscientização sobre a importância da irrigação no contexto do sistema de produção e no porte dos agricultores irrigantes avaliados.

A não garantia hídrica para atender o incremento de área cultivada no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas evidenciada na crise hídrica de 2012 a 2017, a qual proporcionou uma redução de área irrigada de 66,2%, foi determinante para aumentar as dificuldades em busca da autogestão financeira do Distrito de Irrigação.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2021. 86 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Informe anual. Brasília, DF, 2019, 110p. Disponível em: [www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2019](http://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2019). Acesso em: 24 Mai. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Brasília: ANA, 2020. 118p. Disponível em: [www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020](http://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020). Acesso em: 24 Mai. 2022.

ALBUQUERQUE, Paulo Emilio Pereira **Aspectos conceituais do uso eficiente da água na agricultura. Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA 27 a 30 de setembro de 2004** Passo Fundo - RS Brasil. Disponível em: [http://cbhpf.upf.br/phocadownload/simposio/dr\\_paulo\\_emilio.pdf](http://cbhpf.upf.br/phocadownload/simposio/dr_paulo_emilio.pdf) Acesso em: 22 mai 2022.

ALBUQUERQUE, Paulo Emilio Pereira et al. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna **Revista da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, Brasília, n. 52/53, p. 49-57, 4º trimestre 2001 / 1º trimestre 2002.

ANDRADE Junior Aderson Soares; MATEOS, L e GONZALEZ DUGO Maria P. **Índices de eficiência do Distrito de Irrigação “Sector BXII Del Bajo Guadalquivir”, Sul da Espanha, por sensoriamento remoto. Fortaleza - CE. II Inovagri International Meeting, 2014.** 12p.

ARAÚJO Dante da Conceição Avelino. **Indicadores de desempenho aplicados a projetos públicos de irrigação: Distrito de Irrigação Curaçá I, BA.** 2011. 65f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2011.

ARAÚJO Paulo Pontes e ARAGÃO Klinger. **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.

ASAE EP 405.1 (2003). In: BORSSOI Adilson L. et al. Water application uniformity and fertigation in adripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012. AVELINO Araújo. Dante da Conceição et al. Indicadores de desempenho no Distrito de Irrigação de Curaçá, BA: Parte II desempenho econômico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 3, p. 296-302, 2011.

BANCO MUNDIAL. **Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-Árido BrasileiCro.** 1ª Ed. Brasília, 2004.

BARBOSA Andreza Miranda de Andrade; TAVARES Jean Leite e NAVONI Julio Alejandro **Caracterização e análise do potencial da água produzida como alternativa para reúso**. HOLOS, 8, 1-15. 2019 Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2019.9200> Acesso em: 22 mai 2022.

BELTRÃO JÚNIOR Jose Aguiar et al. Fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão do Distrito de Irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1756-1762, 2017.

BERNARDO Salassier; SOARES Antonio Alves; MANTOVANI Everardo Chartuni. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: UFV, p. 625, 2006.

BOSSOI Adilson L. et al. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

CHARLES Thais S. et al. **Influência do espaçamento entre coletores na determinação do perfil de distribuição de aspersores / influência do espaçamento entre coletores na determinação do perfil de distribuição dos aspersores**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p. 61488-61500 aug. 2020. ISSN 2525-8761; Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-536>. Acesso em: 24 Mai. 2022.

CONSELHO DELIBERATIVO DA SUDENE (CONDEL). **Resolução condel/sudene n. 150, de 13 de dezembro de 2021** que aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021, inclusive os critérios técnicos e científicos, a relação de municípios habilitados, e da regra de transição para municípios excluídos., Brasília. Disponível em: [https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao\\_1502021.pdf](https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao_1502021.pdf). Acesso em: 25 maio. 2022.

COOK Simon; GICHUKI Francis e TURRAL Hugh. **Agricultural water productivity: issues, concepts and approaches**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). Challenge Program Secretariat. 17p. (Challenge Program on Water & Food, Basin Focal Project Working Paper 1). 2006 Disponível em: <https://hdl.handle.net/10568/39162>. Acesso em: 24 maio 2022.

COSTA Raimundo Nonato Távora; OLIVEIRA Carlos Galvão e ARAÚJO Danielle F. **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.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS. **Projetos públicos de irrigação. Síntese informativa 2022**. Fortaleza - Ceará, p.1-73, 2022.

DISTAR. **Informações Gerais Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas**. Russas-CE. 2020. Apresentação de PowerPoint. 38 slides.

FAMBA Sebastião e ADAMO Márcio Xavier Basílio. **Avaliação do desempenho de um sistema de irrigação por aspersão sem bombagem: caso do regadio, Distrito de Vanduzi**, 2022. Dissertação de Mestrado - FEURL. Disponível em: <http://www.repositorio.uem.mz/handle258/655>. Acesso em: 24 Mai. 2022.

Faria Lessandro Coll et al. **Eficiência de aplicação de água de um sistema mecanizado tipo móvel equipados com dois modelos de aspersores operando em condições de vento.** 2017. IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING (p. 9). ResearchGate.

FERREIRA Marcelo de Novaes Lima. **Distribuição radicular e consume de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE.** Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba, 2014. 114p.

FRANÇA Francisco Mavignier Cavalcante. **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 José Antonio et al. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão.** Maringá: Eduem, 2012.

FRIZZONE José Antonio. **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.

FRIZZONE José Antonio, LIMA Sílvio Carlos Ribeiro Vieira e COSTA Raimundo Nonato Távora. **Irrigação: da conservação de água e solo à sustentabilidade com vistas à autogestão** - Fortaleza, CE: INOVAGRI, 2014. 129 p.: il, 15,5 x 21,0 cm ISBN 978-85-67668-05-5.

FRIZZONE José Antonio et al. **Índices Socioeconômicos do Uso da Água na Irrigação em uma Bacia Representativa do Semiárido Tropical.** *Água*. 2021; 13(19):2643. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13192643> . Acesso em: 24 Mai. 2022.

FRIZZONE José Antonio. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53 p.

FRIZZONE José Antonio e DOURADO NETO Durval. **Avaliação de sistemas de irrigação.** In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Org.). Irrigação. Piracicaba, SP: FUNEP, 2003. p. 573-651. (Série Engenharia Agrícola, 2).

GONÇALVES Fabricio Mota et al. A Management Analysis Tool for Emancipated and Public Irrigation Areas Using Neural Networks. **Water Resources Management**, v. 29, p. 2393-2406, 2015.

JUNIOR Manoel Valnir et al. Análise comparativa de metodologia de coleta de dados para avaliação de sistemas de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.965-975, 2016.

KELLER Jack e KARMELI David. **Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing**, 1975. 133p

KOLBERG Solveig e BERBEL Julio **Defining rational use of water in Mediterranean irrigation**, In: JUNIER, S.; EL MOUJABBER, M.; TRISORIO-LIUZZI, G.; TIGREK, S.; SERNEGUET, M.; CHOUKR-ALLAH, R.; SHATANAWI, M.; RODRÍGUEZ, R. (Ed.). Dialogues on Mediterranean water challenges: rational water use, water price versus value and lessons learned from the European Water Framework Directive. Bari: CIHEAM, 2011. (Options Méditerranéennes, Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 98). p. 11-27.

LÓPEZ Rodrigo J. et al. Riego Localizado. Madrid, Espana: Mundi - Prensa, 1992. 405p.  
MACIEL Wilisses Matos. **Otimização econômica do uso da água no Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas utilizando programação linear e não linear**. 2016. 130f. (Tese de Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - Botucatu, SP, 2016.

MANTOVANI Everardo C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MANTOVANI Everardo C., BERNARDO Salassier e PALARETTI Luis Fabiano. **Irrigação - Princípios e Métodos**. Editora UFV. Pág. 355, 3ª ed. Viçosa – MG, 2009.

NAVARRO Elena et al. **Analysis of the frequency of distribution of the relative irrigation supply index in the water users association of Sector BXII of the Lower Guadalquivir river**. Trabajo presentado en el XVI European Society for Agronomy Congress (ESA 2020, "Smart Agriculture for great human challenges"), celebrado en Sevilla del 1 al 4 de septiembre de 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10261/237444>

NHAMPOSSA Julieta Augusto. **Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume**. 2015. 75 f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

PARRA Lorena et al. **Evaluating irrigation efficiency with performance indicators: a case study of citrus in the east of Spain**. *Agronomy* 2020, 10, 1359. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091359>. Acesso em: 24 Mai. 2022.

PEREIRA Luis Santos. **Desempenho de sistema de rega**. VIII (3), 329-338. Setembro de 2001.

PEREIRA Thais Mara Souza. et al. Tanques de pedra: tecnologia social voltada a gestão hídrica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2018.

PIMENTEL Jamili Nobre Fiusa. **Impacto da escassez hídrica na agricultura irrigada e estratégia de cultivo e manejo da irrigação em condições de déficit hídrico**. 2021. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

REZENDE Roberto et al. Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v.2, n. 3: p.257-261, 1998.

RIBEIRO Maycon Diego et al. **Uniformidade da umidade do solo para diferentes espaçamentos em um Sistema de irrigação por aspersão convencional**. Irriga, Botucatu. Edição Especial: p.220-233, 2012.

RODRIGUES Lineu Neiva. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável / editores técnicos**, Lineu Neiva Rodrigues, Antonio Félix Domingues - Brasília, D.F.: INOVAGRI, 2017.

RODRIGUES Lineu Neiva **Água para produção de alimento**. Biodiversidade Gestão ambiental e territorial. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42157533/artigo-agua-para-producao-de-alimento>. Acesso em: 17 mai 2022.

SANTOS Francisco Sildemberny. et al. **Avaliação de perímetros públicos irrigados no Ceará. Revista de Política Agrícola**, Local de publicação 23, nov. 2014. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/935>. Acesso em: 24 Mai. 2022.

SILVA Erika Lira da. et al. A escassez hídrica na zona rural: o consumo de água sob a perspectiva dos agricultores de um assentamento no município de Pombal-PB. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. 20, 2019.

SILVA Janilson Barbosa da. **Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação**. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56009/3/2020\\_dis\\_jbdsilva.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56009/3/2020_dis_jbdsilva.pdf) . Acesso em: 24 Mai. 2022.

SIMÕES João Paulo de Oliveira e SANTOS Silvânia Lucas dos. **Análise dos indicadores de desempenho de áreas irrigadas no município de Boqueirão, estado da Paraíba, Revista Verde (Pombal-PB -Brasil)**, v 9., n. 3,p. 356-361, jul-set, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2442/2469>. Acesso em: 24 Mai. 2022.

TOROMO et al. Can shelterbelts improve sprinkler irrigation performance under windy semi-arid conditions? **Irrigation and Drainage Systems**. v. 25, p. 335-345, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10795-012-9128-3>. Acesso em: 2 Mai. 2022.

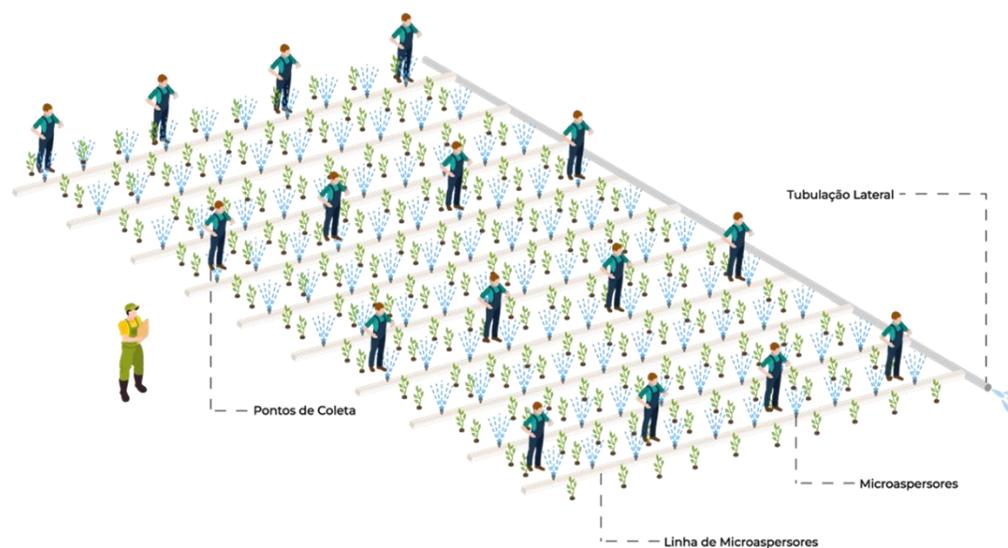
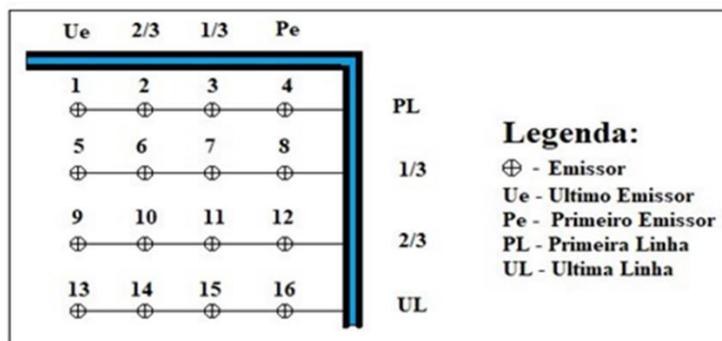
VALVERDE Juan Gabriel Benavides. **Evaluación del desempeño del sistema de riego: Un análisis global y local en Costa Rica**. Realizada en Instituto de Agricultura Sostenible Fecha: Octubre 2020. 145 p. Disponível em: <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/20979/2021000002189.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 14 Nov. 2022.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. *Scientific Agricultural*, v.27, p.565-583, 1947.

**APÊNDICE A - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTHEITH (2003 - 2013). LIMOEIRO DO NORTE. ALTITUDE MÉDIA: 82M; LATITUDE (S): 5° 37' 20"; LONGITUDE (W): 38° 07'08.**

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Máxima (°C )	34,72	33,53	33,01	32,19	31,70	31,02	32,34	33,72	35,29	35,82	35,76	32,34
Temperatura Mínima (°C )	24,60	23,55	22,61	22,33	21,96	21,27	20,63	20,27	20,45	21,19	21,57	22,11
Umidade Relativa (%)	68,79	74,69	78,63	82,37	79,40	84,29	68,93	63,43	59,92	61,16	62,39	64,46
Velocidade média do Vento (m/s)	6,28	5,98	5,67	5,38	5,34	5,55	5,99	6,26	6,65	6,61	6,67	6,47
Radiação Global (Tot. MJ/m2 dia)	16,71	16,37	18,60	17,03	16,74	15,68	15,92	18,24	20,69	20,39	19,04	18,16
Radiação Líquida (Tot. MJ/m2 dia)	10,26	10,81	12,12	11,74	11,00	9,02	8,96	8,84	9,77	9,80	9,47	8,35
Evapotranspiração de Referência (mm/mês)	208,6	157,9	151,6	137,1	141,4	140,4	164,3	195,0	219,3	238,4	229,8	225,4
Precipitação (mm)	76,0	89,0	206,0	160,0	95,0	45,0	16,0	3,0	2,0	2,0	2,0	17,0
Precipitação Efetiva (mm)	66,7	76,3	138,1	119,1	80,6	41,7	15,6	3,0	1,99	1,99	1,99	16,54

**APÊNDICE B - ESQUEMA DE COLETA DAS AMOSTRAS SEGUNDO A METODOLOGIA PROPOSTA POR KELLER & KARMELI (1975).**



**APÊNDICE C - DADOS COLETADOS EM NÍVEL DE CAMPO SEGUNDO A  
METODOLOGIA PROPOSTA POR KELLER & KARMELI (1975).**

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C013

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,012794; -38,128740)

**CULTURA:** Goiaba

**DATA:** 24/03/2023

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	41,75	Vazão 2	38,92	Vazão 3	38,55	Pressão	1,20	1,20
Emissor 1/3	Vazão 1	41,72	Vazão 3	46,24	Vazão 4	54,42	Pressão	1,10	1,10
Emissor 2/3	Vazão 1	40,09	Vazão 4	40,94	Vazão 5	45,00	Pressão	1,10	1,10
Último	Vazão 1	43,00	Vazão 5	46,55	Vazão 6	46,69	Pressão	1,10	1,10
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	41,58	Vazão 2	42,51	Vazão 3	43,58	Pressão	1,20	1,20
Emissor 1/3	Vazão 1	45,59	Vazão 3	44,63	Vazão 4	46,15	Pressão	1,00	1,00
Emissor 2/3	Vazão 1	50,82	Vazão 4	47,21	Vazão 5	38,36	Pressão	0,90	0,90
Último	Vazão 1	46,88	Vazão 5	48,47	Vazão 6	47,29	Pressão	1,10	1,10
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	38,86	Vazão 2	40,30	Vazão 3	40,00	Pressão	1,30	1,30
Emissor 1/3	Vazão 1	43,20	Vazão 3	41,79	Vazão 4	38,82	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	41,97	Vazão 4	39,10	Vazão 5	38,23	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	39,47	Vazão 5	42,01	Vazão 6	42,10	Pressão	1,00	1,00
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	3,23	Vazão 2	39,47	Vazão 3	39,16	Pressão	1,20	1,20
Emissor 1/3	Vazão 1	39,80	Vazão 3	40,49	Vazão 4	43,01	Pressão	1,10	1,10
Emissor 2/3	Vazão 1	42,13	Vazão 4	42,56	Vazão 5	41,54	Pressão	1,10	1,10
Último	Vazão 1	41,50	Vazão 5	41,86	Vazão 6	39,40	Pressão	1,10	1,10
<b>Média P. S.</b>									<b>1,12</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C031

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,03736805; -38,13084504)

**CULTURA:** Banana

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	75,98	Vazão 2	78,06	Vazão 3	81,33	Pressão	1,55	1,55
Emissor 1/3	Vazão 1	58,03	Vazão 3	61,34	Vazão 4	64,13	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	56,32	Vazão 4	56,93	Vazão 5	56,36	Pressão	0,90	0,90
Último	Vazão 1	31,54	Vazão 5	32,82	Vazão 6	32,95	Pressão	0,90	0,90
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	51,05	Vazão 2	48,34	Vazão 3	49,08	Pressão	0,90	0,90
Emissor 1/3	Vazão 1	48,67	Vazão 3	47,10	Vazão 4	59,85	Pressão	1,00	1,00
Emissor 2/3	Vazão 1	67,05	Vazão 4	68,59	Vazão 5	69,03	Pressão	1,10	1,10
Último	Vazão 1	72,67	Vazão 5	69,35	Vazão 6	70,37	Pressão	1,45	1,45
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	74,43	Vazão 2	72,34	Vazão 3	72,42	Pressão	1,30	1,30
Emissor 1/3	Vazão 1	59,02	Vazão 3	58,06	Vazão 4	59,71	Pressão	1,00	1,00
Emissor 2/3	Vazão 1	43,30	Vazão 4	43,35	Vazão 5	32,28	Pressão	0,80	0,80
Último	Vazão 1	51,12	Vazão 5	44,47	Vazão 6	48,12	Pressão	0,80	0,80
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	53,65	Vazão 2	54,42	Vazão 3	52,58	Pressão	0,80	0,80
Emissor 1/3	Vazão 1	29,90	Vazão 3	32,70	Vazão 4	32,07	Pressão	0,85	0,85
Emissor 2/3	Vazão 1	43,56	Vazão 4	43,00	Vazão 5	42,10	Pressão	1,00	1,00
Último	Vazão 1	42,35	Vazão 5	37,79	Vazão 6	37,50	Pressão	1,10	1,10
<b>Média P. S.</b>									<b>1,04</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C033

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,03736805; -38.13084504)

**CULTURA:** Banana Nova

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>							<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>	
Emissor 1	Vazão 1	72,94	Vazão 2	73,42	Vazão 3	74,15	Pressão	2,60	2,60
Emissor 1/3	Vazão 1	67,01	Vazão 3	65,68	Vazão 4	68,15	Pressão	2,50	2,50
Emissor 2/3	Vazão 1	68,41	Vazão 4	66,92	Vazão 5	55,86	Pressão	2,40	2,40
Último	Vazão 1	58,65	Vazão 5	60,74	Vazão 6	66,24	Pressão	2,40	2,40
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	62,55	Vazão 2	61,95	Vazão 3	63,92	Pressão	2,20	2,20
Emissor 1/3	Vazão 1	59,63	Vazão 3	58,62	Vazão 4	58,03	Pressão	2,10	2,10
Emissor 2/3	Vazão 1	58,70	Vazão 4	55,14	Vazão 5	59,21	Pressão	2,10	2,10
Último	Vazão 1	59,50	Vazão 5	57,45	Vazão 6	56,69	Pressão	2,10	2,10
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	68,10	Vazão 2	65,97	Vazão 3	69,28	Pressão	2,30	2,30
Emissor 1/3	Vazão 1	79,36	Vazão 3	74,26	Vazão 4	74,50	Pressão	2,25	2,25
Emissor 2/3	Vazão 1	82,21	Vazão 4	81,24	Vazão 5	75,82	Pressão	2,20	2,20
Último	Vazão 1	63,18	Vazão 5	61,22	Vazão 6	62,53	Pressão	2,20	2,20
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	57,11	Vazão 2	56,90	Vazão 3	56,89	Pressão	1,90	1,90
Emissor 1/3	Vazão 1	57,18	Vazão 3	56,40	Vazão 4	56,14	Pressão	1,80	1,80
Emissor 2/3	Vazão 1	56,58	Vazão 4	55,31	Vazão 5	55,65	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	56,71	Vazão 5	55,92	Vazão 6	56,36	Pressão	1,80	1,80
<b>Média P. S.</b>								<b>2,17</b>	

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C037

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,03255550; -38,12636902)

**CULTURA:** Banana Nova

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	72,66	Vazão 2	73,82	Vazão 3	71,46	Pressão	2,10	2,10
Emissor 1/3	Vazão 1	58,18	Vazão 3	58,79	Vazão 4	57,79	Pressão	1,70	1,70
Emissor 2/3	Vazão 1	56,92	Vazão 4	54,31	Vazão 5	52,91	Pressão	1,60	1,60
Último	Vazão 1	53,47	Vazão 5	62,30	Vazão 6	67,56	Pressão	1,60	1,60
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	54,59	Vazão 2	53,43	Vazão 3	55,63	Pressão	1,80	1,80
Emissor 1/3	Vazão 1	60,91	Vazão 3	64,60	Vazão 4	64,23	Pressão	1,80	1,80
Emissor 2/3	Vazão 1	72,64	Vazão 4	79,87	Vazão 5	76,72	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	68,27	Vazão 5	67,72	Vazão 6	69,07	Pressão	1,70	1,70
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	61,96	Vazão 2	60,95	Vazão 3	58,31	Pressão	1,70	1,70
Emissor 1/3	Vazão 1	56,38	Vazão 3	54,90	Vazão 4	56,84	Pressão	1,70	1,70
Emissor 2/3	Vazão 1	70,87	Vazão 4	66,24	Vazão 5	71,96	Pressão	1,60	1,60
Último	Vazão 1	72,64	Vazão 5	64,82	Vazão 6	74,41	Pressão	1,60	1,60
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	77,53	Vazão 2	76,47	Vazão 3	75,62	Pressão	2,80	2,80
Emissor 1/3	Vazão 1	69,15	Vazão 3	72,89	Vazão 4	70,39	Pressão	2,30	2,30
Emissor 2/3	Vazão 1	68,34	Vazão 4	65,34	Vazão 5	69,43	Pressão	2,10	2,10
Último	Vazão 1	68,39	Vazão 5	66,98	Vazão 6	70,44	Pressão	2,10	2,10
<b>Média P. S.</b>									<b>1,88</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C041

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,027589; -38,132790)

**CULTURA:** Goiaba

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	41,25	Vazão 2	39,13	Vazão 3	38,41	Pressão	1,80	1,80
Emissor 1/3	Vazão 1	44,71	Vazão 3	44,10	Vazão 4	41,75	Pressão	1,85	1,85
Emissor 2/3	Vazão 1	50,00	Vazão 4	50,80	Vazão 5	44,85	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	50,72	Vazão 5	48,75	Vazão 6	52,14	Pressão	1,80	1,80
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	58,52	Vazão 2	56,97	Vazão 3	58,10	Pressão	1,70	1,70
Emissor 1/3	Vazão 1	56,84	Vazão 3	56,14	Vazão 4	60,47	Pressão	1,60	1,60
Emissor 2/3	Vazão 1	52,71	Vazão 4	52,81	Vazão 5	54,72	Pressão	1,70	1,70
Último	Vazão 1	42,79	Vazão 5	45,78	Vazão 6	42,56	Pressão	1,80	1,80
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	43,41	Vazão 2	44,22	Vazão 3	45,62	Pressão	1,10	1,10
Emissor 1/3	Vazão 1	41,63	Vazão 3	56,89	Vazão 4	56,49	Pressão	1,10	1,10
Emissor 2/3	Vazão 1	37,99	Vazão 4	36,39	Vazão 5	30,46	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	59,82	Vazão 5	58,96	Vazão 6	59,69	Pressão	1,10	1,10
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	59,24	Vazão 2	58,35	Vazão 3	57,99	Pressão	1,00	1,00
Emissor 1/3	Vazão 1	57,36	Vazão 3	66,89	Vazão 4	51,70	Pressão	1,10	1,10
Emissor 2/3	Vazão 1	63,07	Vazão 4	48,48	Vazão 5	48,36	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	33,81	Vazão 5	31,76	Vazão 6	34,29	Pressão	1,00	1,00
<b>Média P. S.</b>									<b>1,43</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C131

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,03139625; -38,09932170)

**CULTURA:** Goiaba

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>							<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>	
Emissor 1	Vazão 1	68,85	Vazão 2	67,43	Vazão 3	67,16	Pressão	3,30	3,30
Emissor 1/3	Vazão 1	56,62	Vazão 3	59,74	Vazão 4	58,43	Pressão	2,70	2,70
Emissor 2/3	Vazão 1	46,40	Vazão 4	43,93	Vazão 5	42,20	Pressão	2,00	2,00
Último	Vazão 1	69,64	Vazão 5	68,06	Vazão 6	66,63	Pressão	1,60	1,60
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	66,88	Vazão 2	62,14	Vazão 3	66,83	Pressão	3,30	3,30
Emissor 1/3	Vazão 1	58,17	Vazão 3	59,51	Vazão 4	61,22	Pressão	3,00	3,00
Emissor 2/3	Vazão 1	103,45	Vazão 4	106,67	Vazão 5	89,33	Pressão	2,80	2,80
Último	Vazão 1	92,13	Vazão 5	96,88	Vazão 6	88,36	Pressão	2,70	2,70
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	82,78	Vazão 2	75,79	Vazão 3	76,56	Pressão	3,00	3,00
Emissor 1/3	Vazão 1	42,95	Vazão 3	52,28	Vazão 4	53,04	Pressão	2,20	2,20
Emissor 2/3	Vazão 1	36,17	Vazão 4	44,93	Vazão 5	44,50	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	53,42	Vazão 5	46,53	Vazão 6	52,99	Pressão	1,80	1,80
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	59,80	Vazão 2	54,22	Vazão 3	62,44	Pressão	2,50	2,50
Emissor 1/3	Vazão 1	64,39	Vazão 3	61,34	Vazão 4	45,60	Pressão	2,40	2,40
Emissor 2/3	Vazão 1	40,72	Vazão 4	34,84	Vazão 5	45,86	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	43,94	Vazão 5	42,31	Vazão 6	41,03	Pressão	1,70	1,70
<b>Média P. S.</b>								<b>2,41</b>	

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C160

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,02050022; -38,10992880)

**CULTURA:** Acerola

**DATA:** 19/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	73,88	Vazão 2	68,57	Vazão 3	69,74	Pressão	1,60	1,60
Emissor 1/3	Vazão 1	67,80	Vazão 3	68,12	Vazão 4	71,30	Pressão	1,60	1,60
Emissor 2/3	Vazão 1	67,86	Vazão 4	68,90	Vazão 5	68,90	Pressão	1,30	1,30
Último	Vazão 1	72,65	Vazão 5	64,34	Vazão 6	61,28	Pressão	1,30	1,30
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	77,17	Vazão 2	78,40	Vazão 3	81,97	Pressão	1,40	1,40
Emissor 1/3	Vazão 1	73,27	Vazão 3	66,06	Vazão 4	75,07	Pressão	1,30	1,30
Emissor 2/3	Vazão 1	69,43	Vazão 4	67,29	Vazão 5	70,46	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	86,55	Vazão 5	87,52	Vazão 6	90,09	Pressão	1,30	1,30
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	73,61	Vazão 2	70,59	Vazão 3	73,44	Pressão	1,40	1,40
Emissor 1/3	Vazão 1	69,23	Vazão 3	75,52	Vazão 4	63,94	Pressão	1,30	1,30
Emissor 2/3	Vazão 1	72,43	Vazão 4	68,67	Vazão 5	70,59	Pressão	1,00	1,00
Último	Vazão 1	70,19	Vazão 5	70,73	Vazão 6	69,80	Pressão	1,00	1,00
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	69,16	Vazão 2	69,36	Vazão 3	69,30	Pressão	1,50	1,50
Emissor 1/3	Vazão 1	71,11	Vazão 3	71,12	Vazão 4	74,65	Pressão	1,40	1,40
Emissor 2/3	Vazão 1	64,57	Vazão 4	71,59	Vazão 5	72,00	Pressão	1,30	1,30
Último	Vazão 1	65,16	Vazão 5	67,23	Vazão 6	65,45	Pressão	1,20	1,20
<b>Média P. S.</b>									<b>1,32</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C167

**LOCALIZAÇÃO:** (-5,00981389; -38,10201389)

**CULTURA:** Banana Nova

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	74,00	Vazão 2	75,05	Vazão 3	75,09	Pressão	1,50	1,50
Emissor 1/3	Vazão 1	45,58	Vazão 3	48,95	Vazão 4	51,11	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	74,32	Vazão 4	60,89	Vazão 5	60,33	Pressão	1,10	1,10
Último	Vazão 1	77,42	Vazão 5	57,25	Vazão 6	59,45	Pressão	1,10	1,10
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	53,73	Vazão 2	53,10	Vazão 3	55,25	Pressão	1,20	1,20
Emissor 1/3	Vazão 1	42,65	Vazão 3	57,04	Vazão 4	42,38	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	50,98	Vazão 4	42,30	Vazão 5	52,66	Pressão	1,30	1,30
Último	Vazão 1	42,08	Vazão 5	41,05	Vazão 6	40,17	Pressão	1,10	1,10
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	47,07	Vazão 2	52,78	Vazão 3	52,72	Pressão	1,00	1,00
Emissor 1/3	Vazão 1	31,36	Vazão 3	33,69	Vazão 4	32,77	Pressão	0,95	0,95
Emissor 2/3	Vazão 1	33,79	Vazão 4	30,45	Vazão 5	33,41	Pressão	1,00	1,00
Último	Vazão 1	52,81	Vazão 5	52,73	Vazão 6	53,63	Pressão	1,10	1,10
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	30,47	Vazão 2	32,28	Vazão 3	31,81	Pressão	0,60	0,60
Emissor 1/3	Vazão 1	30,10	Vazão 3	32,20	Vazão 4	32,04	Pressão	0,40	0,40
Emissor 2/3	Vazão 1	36,81	Vazão 4	29,22	Vazão 5	31,63	Pressão	0,30	0,30
Último	Vazão 1	25,46	Vazão 5	25,17	Vazão 6	26,35	Pressão	0,20	0,20
<b>Média P. S.</b>									<b>0,95</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C353

**LOCALIZAÇÃO:** (-4,94207191; -38,03926167)

**CULTURA:** Acerola

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>							<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>	
Emissor 1	Vazão 1	69,68	Vazão 2	65,68	Vazão 3	67,42	Pressão	1,00	1,00
Emissor 1/3	Vazão 1	60,07	Vazão 3	51,99	Vazão 4	59,67	Pressão	0,80	0,80
Emissor 2/3	Vazão 1	63,96	Vazão 4	60,54	Vazão 5	59,47	Pressão	0,80	0,80
Último	Vazão 1	95,24	Vazão 5	100,70	Vazão 6	104,56	Pressão	0,80	0,80
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	76,77	Vazão 2	84,34	Vazão 3	85,21	Pressão	0,80	0,80
Emissor 1/3	Vazão 1	78,97	Vazão 3	74,18	Vazão 4	78,53	Pressão	0,80	0,80
Emissor 2/3	Vazão 1	51,99	Vazão 4	49,75	Vazão 5	54,00	Pressão	0,70	0,70
Último	Vazão 1	48,00	Vazão 5	52,87	Vazão 6	51,65	Pressão	0,70	0,70
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	51,32	Vazão 2	53,96	Vazão 3	56,49	Pressão	0,60	0,60
Emissor 1/3	Vazão 1	37,16	Vazão 3	28,92	Vazão 4	31,41	Pressão	0,60	0,60
Emissor 2/3	Vazão 1	38,99	Vazão 4	32,02	Vazão 5	31,30	Pressão	0,60	0,60
Último	Vazão 1	48,00	Vazão 5	46,15	Vazão 6	48,00	Pressão	0,50	0,50
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	42,56	Vazão 2	49,19	Vazão 3	65,83	Pressão	0,60	0,60
Emissor 1/3	Vazão 1	47,21	Vazão 3	49,01	Vazão 4	67,76	Pressão	0,60	0,60
Emissor 2/3	Vazão 1	47,71	Vazão 4	50,00	Vazão 5	67,34	Pressão	0,60	0,60
Último	Vazão 1	46,45	Vazão 5	54,55	Vazão 6	62,07	Pressão	0,60	0,60
<b>Média P. S.</b>								<b>0,69</b>	

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C379

**LOCALIZAÇÃO:** (-4,92085115; -38,02825988)

**CULTURA:** Acerola

**DATA:** 13/02/2023

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	56,25	Vazão 2	54,61	Vazão 3	58,43	Pressão	1,60	1,60
Emissor 1/3	Vazão 1	53,87	Vazão 3	49,05	Vazão 4	50,38	Pressão	1,50	1,50
Emissor 2/3	Vazão 1	51,90	Vazão 4	48,98	Vazão 5	52,43	Pressão	1,50	1,50
Último	Vazão 1	46,04	Vazão 5	52,33	Vazão 6	49,07	Pressão	1,30	1,30
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	45,83	Vazão 2	46,75	Vazão 3	44,00	Pressão	1,70	1,70
Emissor 1/3	Vazão 1	52,80	Vazão 3	55,77	Vazão 4	39,10	Pressão	1,60	1,60
Emissor 2/3	Vazão 1	47,25	Vazão 4	44,57	Vazão 5	53,36	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	48,35	Vazão 5	48,59	Vazão 6	44,39	Pressão	1,20	1,20
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	52,80	Vazão 2	57,14	Vazão 3	45,47	Pressão	1,60	1,60
Emissor 1/3	Vazão 1	45,00	Vazão 3	42,24	Vazão 4	48,35	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	42,69	Vazão 4	44,49	Vazão 5	47,68	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	36,36	Vazão 5	44,49	Vazão 6	42,73	Pressão	1,20	1,20
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	42,69	Vazão 2	50,92	Vazão 3	42,99	Pressão	1,40	1,40
Emissor 1/3	Vazão 1	39,80	Vazão 3	42,02	Vazão 4	41,99	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	40,91	Vazão 4	58,15	Vazão 5	57,14	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	40,72	Vazão 5	48,00	Vazão 6	49,69	Pressão	1,20	1,20
<b>Média P. S.</b>									<b>1,36</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C424

**LOCALIZAÇÃO:** (-4,98303333; -38,08748333)

**CULTURA:** Goiaba

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>								<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>
Emissor 1	Vazão 1	68,04	Vazão 2	71,45	Vazão 3	62,61	Pressão	1,90	1,90
Emissor 1/3	Vazão 1	46,87	Vazão 3	48,06	Vazão 4	46,02	Pressão	1,90	1,90
Emissor 2/3	Vazão 1	44,03	Vazão 4	44,35	Vazão 5	38,77	Pressão	1,80	1,80
Último	Vazão 1	45,90	Vazão 5	48,57	Vazão 6	43,32	Pressão	1,90	1,90
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	71,31	Vazão 2	73,22	Vazão 3	73,17	Pressão	1,80	1,80
Emissor 1/3	Vazão 1	54,67	Vazão 3	54,90	Vazão 4	57,11	Pressão	1,70	1,70
Emissor 2/3	Vazão 1	42,59	Vazão 4	38,80	Vazão 5	36,38	Pressão	1,70	1,70
Último	Vazão 1	52,04	Vazão 5	52,52	Vazão 6	52,81	Pressão	1,60	1,60
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	53,35	Vazão 2	50,84	Vazão 3	54,31	Pressão	1,50	1,50
Emissor 1/3	Vazão 1	59,77	Vazão 3	56,49	Vazão 4	61,39	Pressão	1,50	1,50
Emissor 2/3	Vazão 1	50,77	Vazão 4	47,46	Vazão 5	48,92	Pressão	1,50	1,50
Último	Vazão 1	45,00	Vazão 5	43,27	Vazão 6	44,24	Pressão	1,50	1,50
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	52,36	Vazão 2	54,21	Vazão 3	55,78	Pressão	1,40	1,40
Emissor 1/3	Vazão 1	57,08	Vazão 3	43,22	Vazão 4	44,06	Pressão	1,30	1,30
Emissor 2/3	Vazão 1	42,91	Vazão 4	37,80	Vazão 5	31,40	Pressão	1,20	1,20
Último	Vazão 1	31,11	Vazão 5	31,56	Vazão 6	30,31	Pressão	1,20	1,20
<b>Média P. S.</b>									<b>1,59</b>

Fonte: Autor.

**PLANILHA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

**LOCAL:** Tabuleiros de Russas

**LOTE:** C534

**LOCALIZAÇÃO:** (-4,95246639; -38,08233078)

**CULTURA:** Acerola

**DATA:** 20/12/2022

<b>Linha 1 (L/h)</b>							<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>PS média</b>	
Emissor 1	Vazão 1	53,60	Vazão 2	90,40	Vazão 3	98,35	Pressão	1,30	1,30
Emissor 1/3	Vazão 1	52,38	Vazão 3	105,61	Vazão 4	93,91	Pressão	1,30	1,30
Emissor 2/3	Vazão 1	42,55	Vazão 4	44,88	Vazão 5	55,85	Pressão	1,10	1,10
Último	Vazão 1	55,81	Vazão 5	92,90	Vazão 6	50,40	Pressão	0,90	0,90
<b>Linha 1/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	108,41	Vazão 2	108,58	Vazão 3	80,00	Pressão	1,40	1,40
Emissor 1/3	Vazão 1	88,99	Vazão 3	91,53	Vazão 4	80,00	Pressão	1,20	1,20
Emissor 2/3	Vazão 1	44,00	Vazão 4	68,44	Vazão 5	71,11	Pressão	1,00	1,00
Último	Vazão 1	82,57	Vazão 5	99,47	Vazão 6	80,00	Pressão	1,00	1,00
<b>Linha 2/3</b>									
Emissor 1	Vazão 1	105,29	Vazão 2	99,31	Vazão 3	95,29	Pressão	1,00	1,00
Emissor 1/3	Vazão 1	66,67	Vazão 3	60,63	Vazão 4	58,88	Pressão	1,00	1,00
Emissor 2/3	Vazão 1	83,43	Vazão 4	79,23	Vazão 5	76,90	Pressão	1,00	1,00
Último	Vazão 1	58,30	Vazão 5	83,72	Vazão 6	62,22	Pressão	0,90	0,90
<b>Última Linha</b>									
Emissor 1	Vazão 1	74,58	Vazão 2	53,14	Vazão 3	51,99	Pressão	1,20	1,20
Emissor 1/3	Vazão 1	107,46	Vazão 3	93,68	Vazão 4	97,04	Pressão	0,80	0,80
Emissor 2/3	Vazão 1	68,02	Vazão 4	67,84	Vazão 5	71,85	Pressão	0,80	0,80
Último	Vazão 1	71,37	Vazão 5	73,28	Vazão 6	72,28	Pressão	0,80	0,80
<b>Média P. S.</b>								<b>1,04</b>	

Fonte: Autor.