



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

**JAMILI NOBRE FIUSA PIMENTEL**

**IMPACTO DA ESCASSEZ HÍDRICA NA AGRICULTURA IRRIGADA E  
ESTRATÉGIA DE CULTIVO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO  
EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO**

**FORTALEZA**

**2021**

JAMILI NOBRE FIUSA PIMENTEL

IMPACTO DA ESCASSEZ HÍDRICA NA AGRICULTURA IRRIGADA E  
ESTRATÉGIA DE CULTIVO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO  
EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

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

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

FORTALEZA

2021

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

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

---

- P698i Pimentel, Jamili Nobre Fiusa.  
Impacto da escassez hídrica na agricultura irrigada e estratégia de cultivo e manejo da irrigação em condições de déficit hídrico. / Jamili Nobre Fiusa Pimentel. – 2021.  
58 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.
1. Escassez Hídrica. 2. Ky. 3. Perímetros Irrigados. 4. Semiárido. I. Título.

CDD 630

---

JAMILI NOBRE FIUSA PIMENTEL

IMPACTO DA ESCASSEZ HÍDRICA NA AGRICULTURA IRRIGADA E  
ESTRATÉGIA DE CULTIVO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO  
EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

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

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

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

---

Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima  
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (Sedet)

---

Dr. Eduardo Santos Cavalcante  
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (Sedet)/  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, que me concedeu a vida e que permitiu que todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal fossem possíveis.

Ao meu esposo, companheiro, amigo e maior incentivador, Helano Wilson Pimentel, que me deu todo apoio e amor para que minha formação e realização pessoal fosse possível.

Aos meus pais Francisca Verônica Nobre Fiusa e Junior Fiusa Vieira por todo esforço e incentivo, na construção da minha formação e educação.

Aos meus irmãos (Juliana Nobre Fiusa e Pedro Nobre Fiusa) e toda a minha família pelo companheirismo, incentivo e estímulo para realização do curso.

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa pela sua excelente orientação, por sua dedicação, presteza e contribuição para a minha vida pessoal e profissional.

Ao Dr. José Alfredo de Albuquerque, chefe da equipe do serviço de monitoramento Serviço de Monitoramento da Produção – DP/DTO/MP, pelo fornecimento dos dados.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima, Dr. Eduardo Santos Cavalcante, pela disponibilidade para um maior enriquecimento do trabalho.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, por toda sua estrutura de ensino juntamente aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos conhecimentos transmitidos e obtenção da minha formação profissional.

Ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo – Semiárido (GPEAS).

Meus agradecimentos à Universidade Federal do Ceará e aos demais colegas de curso.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Tendo em vista que a escassez hídrica presente na região semiárida acarreta graves perdas econômicas e sociais, com a redução da eficiência e capacidade produtiva, acentua-se a importância da continuidade do regime hídrico nos períodos fundamentais ao desenvolvimento das culturas. Diante disso, a pesquisa teve como objetivo analisar o impacto da escassez hídrica na dimensão social e econômica em projetos públicos de irrigação do Dnocs e determinar o coeficiente de resposta (Ky) de culturas de interesse comercial ao semiárido brasileiro com vistas ao planejamento de áreas irrigadas em regiões semiáridas. Obtiveram-se dados secundários das sínteses informativas dos projetos públicos de irrigação do Dnocs, relativos às áreas irrigadas, áreas cultivadas e Valor Bruto da Produção Vegetal (VBP) nos períodos de 2013 a 2019, além do levantamento de dados para quantificar o coeficiente de déficit hídrico (Ky) de culturas de interesse ao semiárido. O percentual de redução na área irrigada e no valor bruto da produção nos projetos públicos de irrigação do Dnocs no período de 2013 a 2017 foi na mesma magnitude e em torno de 50%, sendo decorrente da crise hídrica no semiárido brasileiro neste período. No Ceará, a área irrigada decresceu 54,2%, não obstante, no Estado do Piauí, a área irrigada ter crescido 63,6% no mesmo período, tendo em vista contar com fonte hídrica de rios perenes. Os resultados de Ky obtidos nesta pesquisa que diferem de resultados obtidos pela FAO estão associados às diferenças climáticas e/ou cultivares utilizadas. A cunhã e o capim tanzânia, devido à baixa sensibilidade ao déficit hídrico, exibem respectivamente, elevado potencial para compor banco de proteína e como gramínea em áreas de pastagens destinadas à bovinocultura leiteira, atividade em franca expansão em alguns projetos públicos de irrigação no semiárido brasileiro. A inserção do cajueiro anão no planejamento de áreas irrigadas no semiárido, ambiente de baixa garantia hídrica, embora cultura perene, torna-se uma alternativa viável, face à elevada resistência ao déficit hídrico.

**Palavras-chave:** Escassez Hídrica; Ky; Perímetros Irrigados; Semiárido.

## ABSTRACT

Considering that the water scarcity present in the semiarid region causes serious economic and social losses, with the reduction of efficiency and productive capacity, the importance of the continuity of the water regime in fundamental periods for the development of crops is emphasized. Therefore, the research aimed to analyze the impact of water scarcity on the social and economic dimension of public irrigation projects by Dnocs and to determine the response coefficient ( $K_y$ ) of crops of commercial interest to the Brazilian semiarid region with a view to planning irrigated areas in semiarid regions. Secondary data were obtained from the informative syntheses of public irrigation projects of Dnocs, related to irrigated areas, cultivated areas and Gross Value of Plant Production (VBP) in the periods from 2013 to 2019, in addition to the survey of data to quantify the deficit coefficient ( $K_y$ ) of crops of interest to the semiarid region. The reduction in the irrigated area and in the gross value of production in the public irrigation projects of Dnocs in the period from 2013 to 2017 was of the same magnitude and around 50%, resulting from the water crisis in the Brazilian semiarid region in this period. In Ceará, the irrigated area decreased 54.2%, however, in the State of Piauí, the irrigated area grew 63.6% in the same period, considering that there is water source from perennial rivers. The  $K_y$  results obtained in this research that differ from the results obtained by FAO are associated with climatic differences and/or cultivars used. *Cunhã* and *tanzania* grass, due to their low sensitivity to water deficit, show, respectively, high potential to compose a protein bank and as a grass in pasture areas for dairy cattle, an activity that is rapidly expanding in some public irrigation projects in the Brazilian semiarid region. The inclusion of the dwarf cashew tree in the planning of irrigated areas in the semiarid, an environment of low water guarantee, although a perennial crop, becomes a viable alternative, given its high resistance to water deficit.

**Key words:** Water Shortage;  $K_y$ ; Irrigated Perimeters; Semiarid.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Áreas irrigadas nos projetos públicos de irrigação do Dnocs.....	28
Figura 2	– Áreas irrigadas nos projetos de irrigação nos Estados do Ceará e do Piauí.....	29
Figura 3	– Área irrigada no Projeto Tabuleiros de Russas-CE.....	30
Figura 4	– Área irrigada no Projeto Baixo Acaraú-CE.....	30
Figura 5	– Área irrigada no Tabuleiros de Russas-CE nos anos de 2013 e 2019.....	32
Figura 6	– Variação percentual nas áreas cultivadas no Tabuleiros de Russas-CE para os anos de 2013 e 2019.....	33
Figura 7	– Área irrigada no Projeto Baixo Acaraú nos anos de 2013 e 2019.....	34
Figura 8	– Variação percentual nas áreas cultivadas no Baixo Acaraú - CE para os anos de 2013 e 2019.....	35
Figura 9	– Valor bruto da produção vegetal nos projetos públicos de irrigação.....	36
Figura 10	– Valor bruto da produção vegetal no Projeto Baixo Acaraú - CE.....	37
Figura 11	– Valor bruto da produção vegetal no Projeto Tabuleiros de Russas – CE.....	38
Figura 12	– Volume de água armazenado (%) dos principais reservatórios no Estado do Ceará.....	39
Figura 13	– Vazão específica no Distar no período de 2014 a 2021.....	40
Figura 14	– Relação entre o déficit de evapotranspiração relativa e a queda no rendimento relativo na produtividade da Melancia Crimsom Sweet irrigada por gotejamento.....	41



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Cultivos selecionados com respectivos sistemas de irrigação.....	23
Tabela 2	– Produtividade da melancia Crimson Sweet irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água .....	24
Tabela 3	– Produtividade do melão (Cucumis melo L.) irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	24
Tabela 4	– Produtividade do cajueiro anão precoce BRS189 irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	24
Tabela 5	– Produtividade do capim tanzânia irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	24
Tabela 6	– Produtividade da cunhã irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	24
Tabela 7	– Produtividade do tomate cereja irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	25
Tabela 8	– Produtividade da banana prata anã irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	25
Tabela 9	– Produtividade do maracujá amarelo irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	25
Tabela 10	– Produtividade da manga tommy irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	25
Tabela 11	– Produtividade do mamão formosa irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	26
Tabela 12	– Produtividade do coqueiro anão verde irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.....	26
Tabela 13	– Valores de Ky indicando os níveis de sensibilidade ao déficit hídrico.....	27
Tabela 14	– Dados de Ky para a cultura da melancia Crimson Sweet irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	40

Tabela 15 – Dados de Ky para a cultura do melão (Cucumis melo L.) irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	40
Tabela 16 – Dados de Ky para a cultura do cajueiro anão Precoce irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.....	42
Tabela 17 – Dados de Ky para a cultura do capim tanzânia irrigada por aspersão em função dos níveis do fator água.....	43
Tabela 18 – Dados de Ky para a cultura da cunhã irrigada por aspersão em função dos níveis do fator água.....	43
Tabela 19 – Dados de Ky para a cultura do tomate cereja irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	44
Tabela 20 – Dados de Ky para a cultura da banana prata irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	45
Tabela 21 – Dados de Ky para a cultura do maracujá amarelo irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	46
Tabela 22 – Dados de Ky para a cultura da manga tommy irrigada por microaspersão em função dos níveis do fator água.....	47
Tabela 23 – Dados de Ky para a cultura do mamão Formosa irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.....	48
Tabela 24 – Dados de Ky para a cultura do coqueiro anão irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Escassez hídrica e agricultura irrigada.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Irrigação com déficit.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Efeitos do déficit hídrico.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Fator de resposta da produção (Ky).....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da pesquisa.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Base de dados secundários.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Coeficiente de déficit hídrico.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Áreas cultivadas em projetos públicos de irrigação.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Valor bruto da produção nos projetos públicos de irrigação.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Fator de resposta da cultura.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

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 possíveis veranicos.

A disponibilidade hídrica vem sendo considerada o fator climático com maior efeito com relação a produtividade agrícola, tratando-se do fator que conduz a disposição das espécies nas diversas zonas climáticas (MORANDO et al., 2014).

Quanto à instabilidade pertinente à produção agrícola, está diretamente relacionada com a ausência de uma certa continuidade do regime hídrico nos períodos fundamentais ao desenvolvimento das culturas, especialmente nas fases fenológicas mais críticas ao déficit hídrico.

No semiárido brasileiro, devido a reconhecida escassez de águas superficiais, o grande desafio é promover o abastecimento de água às famílias rurais e garantir a produção de alimentos (DIAS et al., 2011). A escassez hídrica presente na região afeta intensamente a população, acarretando graves perdas econômicas e sociais, levando à redução da eficiência e capacidade produtiva, intensificando o desemprego, a concentração de renda e o empobrecimento de um grupo significativo da população.

Neste longo período de escassez hídrica (2012-2017), a maioria dos perímetros irrigados no Estado do Ceará apresentaram indicadores positivos de produção até o ano de 2014, quando o colapso hídrico resultou no racionamento de água e queda geral na produção. As culturas que se mostraram mais susceptíveis à seca começaram a cair de produção a partir de 2013, quando hortaliças, grãos, pastagem, cana de açúcar, coco verde e milho apresentaram quedas substanciais, proporcionais aos volumes de precipitação pluviométrica (SILVEIRA et al., 2018). Ainda conforme os autores, os perímetros irrigados de menor porte se mostraram os mais vulneráveis quanto aos efeitos da seca, sofrendo forte queda na produção desde os primeiros anos de seca, chegando a um total colapso em 2014.

Já os projetos públicos de irrigação de maior porte, associados à produção da fruticultura irrigada, inclusive para exportação, se mostraram em um primeiro momento menos susceptível aos efeitos da seca, fato este decorrente da maior

segurança hídrica dos reservatórios que os abastecem, comparativamente aos de menor porte. Porém, apresentaram também com o tempo, perdas significativas acumuladas neste período de escassez hídrica.

No Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas, por exemplo, cuja disponibilidade de vazão era de  $2,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 2014, teve esta disponibilidade reduzida para  $1,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no ano de 2019. Esta redução de 58,6% na vazão acarretou como consequência uma redução de 69,5% na área irrigada e de 72% no valor bruto da produção (DISTAR, 2020). Cabe destacar que após o longo período de escassez hídrica (2017-2019), as recargas recebidas pelos reservatórios não permitiram de imediato aumentar de forma significativa a disponibilidade de água para os perímetros irrigados.

Dentre as estratégias recomendadas pela literatura para se alcançar esta otimização da irrigação, destaca-se a indução de déficits hídricos durante todo o ciclo ou em estádios de desenvolvimento da planta que se mostram menos sensíveis aos efeitos destes, economizando água, com mínimos efeitos sobre a produtividade, constituindo a opção técnica denominada por irrigação deficitária (SAMPAIO, 2010). Portanto, a estratégia da irrigação com déficit é o de aumentar a eficiência do uso da água da cultura, reduzindo assim as irrigações que desempenham baixo impacto com relação ao rendimento.

O fator de resposta da produção ( $K_y$ ) ou índice de sensibilidade ao déficit hídrico demonstra os impactos no rendimento da cultura em função do grau de suprimento da demanda hídrica de determinado cultivo (DOORENBOS e KASSAN, 1979). Portanto, se constitui numa informação relevante para dar suporte aos agricultores na gestão da irrigação em regiões semiáridas.

Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo geral analisar o impacto da escassez hídrica na dimensão econômica em projetos públicos de irrigação do Dnocs e estabelecer estratégia para planos de cultivo e manejo da irrigação no semiárido brasileiro. Especificamente, a pesquisa teve os seguintes objetivos: analisar as áreas cultivadas e o valor bruto da produção em projetos públicos de irrigação do Dnocs e calcular o fator de resposta da produção ( $K_y$ ).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Escassez hídrica e agricultura irrigada

“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). “E, por concentrar a maior demanda por água doce no mundo, o setor agrícola muitas vezes está inserido nos conflitos pela água” (Marques & Teixeira, 2019). “A escassez hídrica é 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).

“O problema de escassez hídrica tem se espalhado por várias partes do mundo, principalmente, pelo elevado crescimento populacional, associado à poluição hídrica e ao desperdício. O Brasil é um país privilegiado por deter um grande potencial hídrico, no entanto não está isento da crise” (CHAVES et al., 2021).

Conforme Silva et al. (2019)

“O Nordeste é considerado a região mais árida do Brasil, onde vive cerca de 30% da população, porém possui somente 5% da água doce disponível. O semiárido nordestino apresenta reduzida disponibilidade de chuvas, e é caracterizado por uma grande disparidade entre o período chuvoso e o seco. Essas diferenças de índice pluviométrico são muito acentuadas, onde existem regiões com precipitação de 800 mm, outras que alcançam apenas 200 mm”).

“Com noventa por cento do seu território inserido na região de clima semiárido, o Estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil e sofre há séculos com o problema da seca” (BELTRÃO JÚNIOR, 2017) o que torna o uso de irrigação na agricultura algo indispensável para obtenção de uma produção contínua e mais eficiente (PRACIANO et al., 2019).

Segundo Beltrão Júnior (2017)

A agricultura irrigada no Ceará, assim como no mundo, utiliza entre 70% e 80% da água doce disponível. Sua importância tem aumentado em virtude da necessidade de incremento da produção e da produtividade agrícolas, em função do crescimento populacional, visando uma atividade produtiva sustentável no campo que possibilite uma maior estabilidade econômica ao produtor e assim possa garantir uma sobrevivência digna para o agricultor reduzindo o êxodo para os centros urbanos. Por sua vez, a agricultura irrigada pode causar sérios impactos sobre o meio ambiente, o

que requer a promoção de tecnologias e práticas de manejo que induzam o uso racional dos recursos de água e de solo.

“Devido as incertezas nos totais pluviométricos que incidem sobre uma região por causa das alterações climáticas, a agricultura precisa dispor de técnicas que minimizem os riscos inerentes dessa atividade” (LIMA et al., 2019).

A escassez de água é um fenômeno global, agravado pelo crescimento populacional, mudanças climáticas, desigualdade social, urbanização, industrialização, falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. Problemas relacionados à escassez da água refletem diretamente na necessidade de aprimoramento de novas práticas de gerenciamento dos recursos hídricos sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

De acordo com Silva et al. (2019)

A região semiárida possui um complexo quadro de escassez de água, onde o balanço hídrico é negativo, devido à evaporação superior a precipitação. Nas regiões áridas e semiáridas, a prática de irrigação consiste na melhor maneira de garantir o suprimento de água necessário em todas as fases de desenvolvimento das culturas.

“É importante lembrar que mesmo diante de um cenário climático preocupante no tocante à escassez de água, há que ter em mente que inúmeras iniciativas/ações pautadas na gestão dos recursos hídricos têm fomentado a oferta de água para populações que convivem com a escassez periódica de água” (PEREIRA et al., 2018).

“Na maioria dos casos, para minimizar os impactos gerados pela crise hídrica, os governos federais e estaduais optam pela implementação de medidas emergenciais, como racionamento, utilização de carros-pipa e medidas regulatórias drásticas, como a diminuição da vazão defluente de reservatórios” (CHAVES et al., 2021).

Para incentivar a agricultura irrigada no Brasil, o Governo construiu os projetos públicos de irrigação denominados perímetros irrigados, onde os produtores adquirem lotes de terra, com uma infraestrutura de irrigação para produzir, pagando pela terra e pela infraestrutura de uso da água (BELTRÃO JÚNIOR, 2017).

Visando uma maior economia de água de boa qualidade, bem como, a redução na aplicação de águas de qualidade inferior, a redução nas lâminas de

irrigação (com base na água disponível do solo) tem ganhado destaque (SILVA et al., 2019).

## 2.2 Irrigação com déficit

Em todo o mundo, a escassez hídrica é vista como um dos maiores riscos globais, isso se dá não só por atingir todos os continentes, mas em especial por possuir um grande impacto a longo prazo. Para lidar com escassez de água e melhorar a otimização da eficiência hídrica, algumas estratégias de irrigação deficitária podem ajudar a lidar (LIPAN et al., 2019).

“Globalmente, a agricultura é o setor mais consumidor, pois a irrigação usa cerca de 70% dos recursos de água doce. Sob condições de estresse hídrico, os agricultores não podem irrigar suas áreas cultivadas com todas as necessidades de água da cultura” (OUDA, 2021, p.1).

Em muitas regiões do mundo grandes perdas econômicas são reflexos causados do estresse do déficit hídrico referente à seca, salinidade ou extremos de temperatura, nos quais são os principais fatores limitantes para o crescimento e produtividade das plantas (DAVARI, 2016, p.264).

De acordo com Holanda et al. (2016, p. 35),

A irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração potencial exceder a de precipitação durante a maior parte do ano.

É de grande importância compreender como ocorre a perda de água na planta e no solo para que possamos evitá-las, segundo Scharwies e Dinneny (2019, p. 311) a fisiologia vegetal e a pesquisa científica do solo, favoreceram o nosso entendimento de como ocorre o movimento da água no solo, de que maneira é absorvida pelas raízes e se movem até as folhas, onde a mesma é perdida para a atmosfera através da transpiração.

De acordo com Eissa et al. (2018, p. 1577),

Escassez de água nas próximas décadas é uma ameaça real para a produção de alimentos, especialmente em áreas áridas e semiáridas onde a água é o fator limitante na expansão das terras cultivadas. Portanto, gestão de água que maximiza o rendimento por unidade de água consumida pela planta é altamente desejada.



Existe uma pressão sobre os irrigantes devido à preocupação mundial quanto ao uso mais racional dos recursos hídricos, pressionando para que haja um controle mais efetivo da irrigação, através da adoção de estratégias de manejo capazes de aumentar a eficiência do uso da água na produção agrícola, mediante a maximização da produção e da qualidade do produto por unidade de água aplicada, principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde a água é um recurso naturalmente escasso, uma vez que o conhecimento apenas da necessidade total de água pela cultura não implica necessariamente um eficiente manejo da irrigação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; BEZERRA; ANGELOCCI; MINAMI, 1998).

A realização da irrigação com déficit se difere dos ideais impostos pelos métodos tradicionais de controle da água de irrigação, tendo em vista que para a sua realização de forma tecnicamente viável, o irrigante precisa inteirar-se de que nível a deficiência hídrica se encontra, bem como o estágio fenológico no qual possibilita que ocorra a aplicação de estratégia, não causando reduções significativas nos rendimentos das culturas.

Segundo Saraiva et al. (2017, p. 438) para que ocorra gestão racional da irrigação é necessário que tenha como objetivo a maximização e eficiência do recurso hídrico e conservar a umidade do solo de modo que favoreça o desenvolvimento das plantas, levando em conta as condições climáticas do local, da colheita e suas particularidades.

Para Kirda (2002), a diminuição referente a produção resultante tem a possibilidade de ser insignificante, ao ser comparada com os potenciais benefícios adquiridos na oferta de água, em regiões que apresentam escassez hídricas.

Por isso, de acordo com Ouda (2021, p.2), devem ser considerados alguns aspectos que se estabeleça o momento em que a irrigação deve ser aplicada ou, a frequência da irrigação administrada, levando-se em conta o comportamento da cultura quanto ao seu crescimento, sua sensibilidade ao déficit hídrico, a temperatura do meio e o suprimento de água ministrada no solo.

“O uso de software de computador na irrigação gestão para calcular as necessidades de água para colheitas do clima, solo e dados de colheita é uma das estratégias para evitar o desperdício de água” (PEREIRA, 2004).

Segundo Comas et al. (2019, p. 433),

A escassez de água é responsável pelas maiores perdas de safras em todo o mundo e deve piorar. Em áreas áridas onde a agricultura depende da irrigação, várias formas de manejo de irrigação deficitária têm sido sugeridas para alcançar altos rendimentos com menos água usada pela cultura (isto é, evapotranspiração, ET).

“Assim, embora a irrigação deficitária estratégica possa manter a produtividade com menos água, pode ser especialmente importante para proteger as safras contra as perdas de produtividade devido à escassez de água no final da estação em ambientes com limitação de água” (COMAS et al., 2019, p. 433).

### **2.3 Efeitos do déficit hídrico**

Conforme Morando et al. (2014, p. 116),

A produtividade das culturas agrícolas é limitada pela água e depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência do seu uso pelo organismo. Normalmente o déficit hídrico nas plantas é causado pela falta de chuvas em áreas que não utilizam a irrigação como recurso para suprir as necessidades hídricas das plantas em períodos de estiagem.

O estresse hídrico é de caráter muito complexo, dependendo da severidade, duração do evento de estresse e da planta estágio de crescimento. A tolerância da planta à seca envolve mudanças nas funções da planta inteira. Por essas razões, é necessário determinar as condições mais adequadas para observar o tipo de resposta que é melhor a fim de melhorar o desempenho da planta (SOUROUR et al., 2017, p. 1).

De acordo com o explanado pelos autores Gupta; Medina e Delgado (2020, p. 266), a seca por si só gera um dano anual na produção agrícola, maior que todos os patógenos combinados. As plantas, se ajustam fisiologicamente, alteram o seu crescimento e a estrutura das suas raízes e fecham os seus estômatos para que se ajuste aos gradientes de umidade do solo. Esses ajustes no tecido acarretados pela aridez, afetam a fluidez dos sinais celulares, levando a um possível florescimento prematuro ou desenvolvimento diminuído, ocasionando correntemente perdas na produtividade.

“A tolerância à seca é um fenômeno de alto custo, pois uma quantidade considerável de energia é gasta para lidar com isso” (DAVARI, 2016, p. 264).

Segundo Scharwies e Dinneney (2019, p.311),

O fluxo e a perda de água são controlados por meio de estômatos e regulação da condutância hidráulica por meio de aquaporinas. Quando a disponibilidade de água diminui, a perda de água é limitada pelo fechamento estomático e pelo ajuste da condutância hidráulica para manter o turgor celular. As plantas também se adaptam às mudanças no suprimento de água, aumentando suas raízes em direção à água e por meio de refinamentos na arquitetura do sistema radicular.

A deficiência hídrica interfere em quase todas as perspectivas referentes ao desenvolvimento das culturas, reduzindo a expansão celular, tendo por consequência a menor taxa de crescimento do vegetal, além de diminuição na fotossíntese. Visto isso, em momentos de estiagens a captação da radiação solar incidente diminui pela redução da área foliar, além do enrolamento e murcha das folhas, interferindo em vários processos, como: a brotação, a polinização das flores, na absorção de nutrientes e na translocação de fotossintatos (BERGAMASCHI e MATZENAUER, 2014).

A ausência de reversão dos processos de desenvolvimento citados no parágrafo anterior, assim como, os reflexos morfofisiológicos das plantas as situações de estresse hídrico, dependerá do genótipo, da cultivar escolhida, nível de severidade, o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra, os fatores edáficos, dentre outros. “As respostas das plantas às condições de estresse hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição e fatores edáficos, entre outros. Não existe uma única variável fisiológica que, por si só, seja indicativa de tolerância à seca” (NASCIMENTO et al., 2011, p. 854).

A tolerância à seca é um fenômeno de alto custo, pois uma quantidade considerável de energia é gasta para lidar com ela. A fração de carboidrato que é perdida pela respiração determina a eficiência metabólica geral da planta.

“Em geral, a absorção de N é aumentada, a absorção de P diminui e o potássio permanece inalterado em condições de seca. No entanto, as relações de nutrientes se tornam mais complicadas devido aos efeitos interativos de diferentes nutrientes entre si e na fisiologia geral da planta” (FAHAD et al., 2017).

Diminuição da disponibilidade de água durante a seca em geral resulta na absorção total de nutrientes limitada e suas concentrações de tecido diminuídas em plantas de cultivo. (DAVARI, 2016, p. 265).

Segundo Morando et al. (2014, p. 115),

Dentre as medidas para se determinar o déficit hídrico nas plantas destaque-se o potencial da água que é uma medida importante e sensível do estado hídrico da planta em que varia de valores próximos de zero nas plantas sem estresse, até valores bem abaixo de zero ou igual ao potencial osmótico, em plantas com estresse severo.

De acordo com Costa et al. (2008, p. 444)

O esforço para evitar a desidratação é uma característica de muitas plantas; e é atingido percorrendo vários caminhos, em grande parte com a planta sofrendo adaptações morfológicas e fisiológicas na natureza; já a tolerância à desidratação é uma adaptação mais primitiva, típica de poucos organismos terrestres, dependentes da intrínseca propriedade do protoplasma.

As plantas cultivadas sob condição de seca têm uma menor condutância estomática para conservar água. Conseqüentemente, a fixação de CO<sub>2</sub> é reduzida e a taxa fotossintética diminui, resultando em menor produção para o crescimento e rendimento das plantas (DAVARI, 2016, p. 265).

As plantas respondem de maneiras diferentes ao déficit hídrico. Eles podem tomar decisões de desenvolvimento, como redirecionar o crescimento da raiz para aumentar a absorção de água ou produzir menos estômatos para diminuir a perda de água (SCHARWIES E DINNENY, 2019, p.316).

Conforme Fahrad et al. (2017)

O rendimento é basicamente a integração complexa dos diferentes processos fisiológicos. A maioria desses processos fisiológicos é afetada negativamente pelo estresse hídrico. Os impactos negativos da seca no rendimento dependem principalmente da severidade do estresse e do estágio de crescimento da planta. Perdas de rendimento significativas foram relatadas nas principais safras devido ao estresse da seca

Contudo, a periodicidade e a intensidade em que os processos morfofisiológicos são afetados, evidencia a tamanha relevância do entendimento das condições meteorológicas no período de desenvolvimento das plantas, especialmente ao se tratar dos períodos de baixa precipitação e com alta evapotranspiração.

## **2.4 Fator de resposta da produção (Ky)**

Os fatores referentes a planta, o solo, e à atmosfera interagem uns com os outros, estabelecendo a produtividade das culturas agrícolas. Há uma conexão entre esses fatores e a produção das culturas, peculiaridades de cada situação ambiental,

denominada de fator de resposta da produção ou, puramente, chamada de função de produção (SILVA, 2009).

Entre as várias aplicabilidades da função de produção, pode-se determinar a ligação entre dois fatores que interferem diretamente na produção final, no rendimento da cultura e no suprimento de água nos quais podem ser estabelecidos na ocasião que se puder quantificar, por um aspecto, as necessidades hídricas referente a cultura e as consequências do seu déficit e, por outro aspecto, os rendimentos máximo e real da cultura (ALMEIDA et al., 2013).

Na ocasião em que as demandas hídricas da cultura não são supridas de forma plena, o déficit hídrico na planta pode se desenvolver até um determinado momento em que o crescimento e o rendimento da cultura passam a ser afetados. O modo como o déficit hídrico interfere no crescimento e o rendimento da cultura diferem de acordo com a espécie e o estágio fenológico em que é submetido ao déficit (DOORENBOS e KASSAN, 1994) e cada cultura conta com a quantidade de água que resulta em seu crescimento e rendimento máximo (SANTOS JUNIOR, 2011).

Segundo Lima et al. (2012) devido ao suprimento hídrico variar de acordo com as espécies, e no decorrer do seu ciclo, compreender as respostas dadas pelas espécies a esse fator é de extrema interesse para a produção de planos de manejo apropriados, levando em consideração o uso racional dos recursos disponíveis, de modo a se alcançar elevados rendimentos econômicos.

Assim, o efeito da falta de água disponível no solo sobre o decréscimo da produtividade potencial, ocorrida durante o ciclo da cultura é quantificado mediante a determinação do coeficiente  $K_y$ , que é considerado uma medida da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (SILVA et al., 2014).

De acordo com Arruda e Grande (2003), para que seja feita a quantificação do efeito hídrico na produção, fazendo uso do fator de resposta da produção ( $K_y$ ) ou índice de sensibilidade ao déficit hídrico é o que vem sendo recomendação pela FAO (DOORENBOS e KASSAN, 1979). Este método demonstra os impactos no rendimento da cultura consequentes do grau de suprimento da demanda hídrica de determinado cultivo e o mesmo, por sua vez, recebendo influências indiretamente pelo conteúdo hídrico do solo. Pode ser descrito a partir da equação:

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = k_y \cdot \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (1)$$

sendo:  $Y_r$  corresponde ao rendimento real ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $Y_m$  referente ao rendimento máximo ou potencial ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $K_y$  sendo o fator de resposta da produção,  $ET_r$  a evapotranspiração real da cultura (mm) e quanto a  $ET_m$  diz respeito a evapotranspiração máxima da cultura (mm).

Os valores referentes ao  $K_y$  para a maioria das culturas são determinados a partir de relações lineares, onde o rendimento relativo ( $Y_r/Y_m$ ) é relacionado linearmente com a evapotranspiração relativa ( $ET_r/ET_m$ ), ou seja, no momento em que ocorrem mudanças com a variável independente que, por conseguinte, a variável dependente se altera. Esses valores são baseados em análises de dados experimentais de campo em que envolvem uma extensa faixa de condições de crescimento, com variedades altamente produtivas, possuindo boa adaptabilidade ao ambiente de crescimento e desenvolvidas submetido a um alto nível de manejo (FRIZZONE et al., 2005).

Segundo Doorenbos e Kassam (1979), as vulnerabilidades das culturas ao déficit hídrico podem ser classificadas como: baixa ( $K_y < 0,85$ ); baixa/média ( $0,85 < K_y < 1$ ); média/alta ( $1 < K_y < 1,15$ ) e alta ( $K_y > 1,15$ ). De modo geral, o valor de  $K_y < 1$  caracteriza diminuição na produção equivalentemente menor ao se aumentar o déficit hídrico. Entretanto, quando  $K_y > 1$  revela que a redução no rendimento é proporcionalmente superior em relação ao aumento do déficit hídrico.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

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

A presente pesquisa se deu por meio de um levantamento de dados secundários constituídos por informações contidas nas sínteses informativas dos projetos públicos de irrigação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Dnocs relativas ao período de 2013 a 2019, bem como da seleção de estudos contendo informações relativas à produtividade dos cultivos em resposta ao fator de produção água, em particular de cultivos predominantes no ambiente da agricultura irrigada no semiárido brasileiro.

A coleta de informações da produção nos Projetos Públicos de Irrigação sob a responsabilidade do Dnocs é um elemento importante para a divulgação dos resultados econômicos e sociais em sua jurisdição. Os dados são obtidos pelo levantamento sistemático da produção em cada projeto público de irrigação, com periodicidade mensal, sob a supervisão e o acompanhamento de cada Coordenadoria Estadual. Os trabalhos são realizados pelos técnicos lotados em cada Coordenadoria Estadual, corresponsáveis pela área de abrangência desses projetos e pelas Organizações de Produtores que têm Contrato de Cessão para manter e operar toda a infraestrutura de apoio à produção (DNOCS, 2021).

#### **3.2 Base de dados secundários**

Nas sínteses informativas dos projetos públicos de irrigação do Dnocs foram obtidos dados relativos ao período 2013 – 2019 junto às coordenadorias estaduais nos Estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, num total de 37 projetos públicos de irrigação, somente 35 enviaram informações no ano de 2013 e somente 18 no ano de 2019.

Especificamente, obtiveram-se dados relativos a áreas irrigadas, valor bruto da produção (VBP) dos Projetos Públicos de Irrigação do Tabuleiros de Russas e do Baixo Acaraú, e vazão liberada anualmente no período para o Projeto Público de Irrigação Tabuleiros de Russas.

As informações permitiram uma análise consolidada da evolução de área irrigada e valor bruto da produção por coordenadoria e por projeto público de irrigação.

Neste tocante cabe destacar análise comparativa entre as coordenadorias dos Estados do Ceará e do Piauí, considerando que dentre todas as coordenadorias, a do Piauí é a única cujos projetos de irrigação têm como fonte hídrica rios perenes.

Em nível de projeto de irrigação procederam-se às análises de evolução de área irrigada e valor bruto da produção para os projetos de irrigação Tabuleiros de Russas e Baixo Acaraú, além da produtividade da água de irrigação para o Tabuleiros de Russas.

Na Tabela 1 constam as culturas que formam a base de dados da pesquisa e respectivos sistemas de irrigação utilizados por ocasião dos cultivos. Não obstante a presença de um cultivo perene, o cajueiro anão tem grande importância socioeconômica no semiárido, além de se constituir em uma cultura que tradicionalmente ainda é produzida sob condições de sequeiro.

Tabela 1 - Cultivos selecionados com respectivos sistemas de irrigação.

<b>Cultivos</b>	<b>Sistema de irrigação</b>	<b>Referências</b>
Melancia Crimson Sweet	Gotejamento	Mousinho (2003)
Melão ( <i>Cucumis melo L.</i> )	Gotejamento	Monteiro (2004)
Cajueiro Anão Precoce BRS189	Microaspersão	Leite (2010)
Capim Tanzânia	Aspersão	Ribeiro (2006)
Cunhã	Aspersão	Salgado (2010)
Tomate Cereja	Gotejamento	Silva (2017)
Banana Prata Anã	Gotejamento	Figueiredo (2006)
Maracujá Amarelo	Gotejamento	Lucas (2002)
Manga Tommy	Microaspersão	Coelho (2008)
Mamão Formosa	Microaspersão	Garcia (2007)
Coqueiro Anão Verde	Microaspersão	Camboim (2002)

Nas Tabelas 2 a 12 constam para as respectivas culturas, valores de produtividade associados aos níveis do fator água, que permitirão as análises de regressão linear para fins de obtenção do fator de resposta da produção (Ky).



No estudo, o maior nível do fator água de interesse à pesquisa seria o correspondente ao requerimento de água da cultura ou evapotranspiração máxima.

Tabela 2 - Produtividade da Melancia Crimson Sweet irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
180,7	15874,9
314,9	15924,9
429,9	25435,9

Fonte: Mousinho (2003).

Tabela 3 - Produtividade do Melão (Cucumis melo L.) irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
232,7	15980,5
334,7	19242,1
422,1	21559,4
567,8	23927,3

Fonte: Monteiro (2004).

Tabela 4 - Produtividade do Cajueiro Anão Precoce BRS189 irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (L planta<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
1659	4402,4
3318	4371,3
6636	4948,9

Fonte: Leite (2010).

Tabela 5 - Produtividade do Capim Tanzânia irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
169,3	7090,3
280,8	8385,4
462,4	10684,2

Fonte: Ribeiro (2006).

Tabela 6 - Produtividade da Cunhã irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
365,6	60131,7

540,6	69235,4
605,1	70820,4
615,2	72977,9

Fonte: Salgado (2010).

Tabela 7 - Produtividade do Tomate Cereja irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
237	5360,0
342	10166,7
447	15580,0

Fonte: Silva (2017).

Tabela 8 - Produtividade da Banana Prata Anã irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
585	6140
817	6850
1050	11800
1283	13110
1515	17800

Fonte: Figueiredo (2006).

Tabela 9 - Produtividade do Maracujá Amarelo irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
63,3	9650
118,5	9661
171,5	8879
220,4	12192

Fonte: Lucas (2002).

Tabela 10 - Produtividade da Manga Tommy irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
229	9989
327	11252
458	13834
573	18936
751	22923

Fonte: Coelho (2008).

Tabela 11 - Produtividade do Mamão Formosa irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
346	4690
693	9970
1039,5	18770
1385,9	25790
1769,5	38980

Fonte: Garcia (2007).

Tabela 12 - Produtividade do Coqueiro Anão Verde irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (Nº de frutos/planta)
442	388,7
589	528,3
736	1162,3

Fonte: Camboim (2002).

### 3.3 Coeficiente de déficit hídrico

O coeficiente de déficit hídrico (Ky) foi obtido a partir dos dados de rendimento relativo  $[1-(Y_r/Y_m)]$  com déficit de evapotranspiração relativa  $[1-(ET_r/ET_m)]$ , tendo como base as informações extraídas dos trabalhos selecionados que possibilitaram a obtenção do nível de sensibilidade hídrica de cada cultura submetida às condições de cada trabalho.

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = ky \cdot \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (1)$$

sendo:

Y<sub>r</sub>: rendimento real (kg ha<sup>-1</sup>);

Y<sub>m</sub>: rendimento máximo ou potencial (kg ha<sup>-1</sup>);

Ky: fator de resposta da produção;

ET<sub>r</sub>: evapotranspiração real da cultura (mm);

ET<sub>m</sub>: evapotranspiração máxima da cultura (mm).

Doorenbos e Kassam (1979) apresentam faixas de valores do fator de resposta da cultura (Ky), os quais indicam o nível de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura em que foi submetida ao estresse, conforme explicitados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores de  $K_y$  indicando os níveis de sensibilidade ao déficit hídrico.

<b>Sensibilidade ao déficit hídrico</b>	
Baixa	$K_y < 0,85$
Baixa/média	$0,85 < K_y < 1,00$
Média/alta	$1,00 < K_y < 1,15$
Alta	$K_y > 1,15$

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

Na obtenção do valor do coeficiente  $K_y$  utilizou-se procedimento de otimização estatística em que o valor de  $Y_m$  é alcançado quando o intercepto da regressão linear entre a queda de rendimento relativo ( $1 - Y_r/Y_m$ ) e o déficit de evapotranspiração relativa ( $1 - E_{Tr}/E_{Tm}$ ) for igual a zero. Utilizando-se desse procedimento, o coeficiente de inclinação da regressão linear equivale ao valor de  $K_y$  (POSSE, 2008). De acordo com Doorenbos & Kassam (1979), o valor de  $K_y$  maior que 1,0 demonstra que a planta é sensível ao déficit hídrico.

Nas funções de produção em que o máximo físico foi obtido para um valor além do valor teórico correspondente ao requerimento de água da cultura, incorporaram-se estes respectivos níveis de água e de produtividade para fins de obtenção de  $K_y$ .

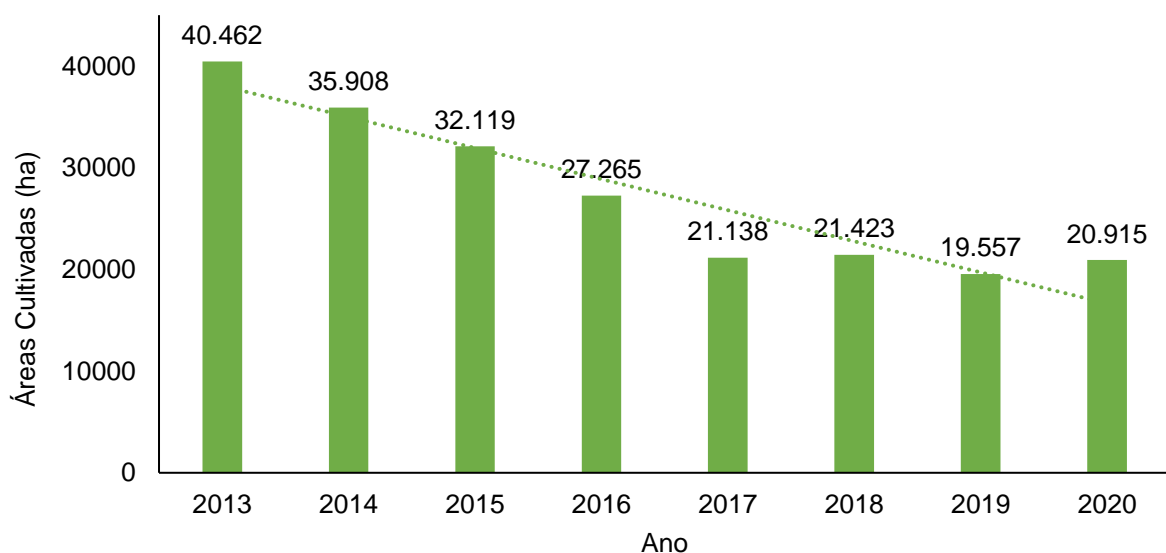
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Áreas cultivadas em projetos públicos de irrigação

Para incentivar a agricultura irrigada no Brasil, o Governo construiu os projetos públicos de irrigação (Beltrão Júnior et al., 2017), os quais estão localizados no semiárido nordestino, região que experimentou um acelerado processo de incorporação de áreas irrigadas a partir da década de 1980, resultado de investimentos públicos tanto em áreas irrigadas, quanto em infraestruturas hídricas, permitindo impulsionar o setor privado (ATLAS, 2020).

Na Figura 1 constam os totais de áreas irrigadas no período de 2013 a 2019 relativos aos projetos públicos de irrigação do Dnocs nas coordenadorias estaduais do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Bahia. A redução de 51,7% na área irrigada é decorrente da crise hídrica no período de 2012 a 2017 no semiárido brasileiro, e a consequente falta de recarga nos reservatórios que abastecem estes projetos públicos, vindo na sua grande maioria a ocorrer um colapso na liberação de água a partir do ano de 2014.

Figura 1 - Áreas irrigadas nos projetos públicos de irrigação do Dnocs.



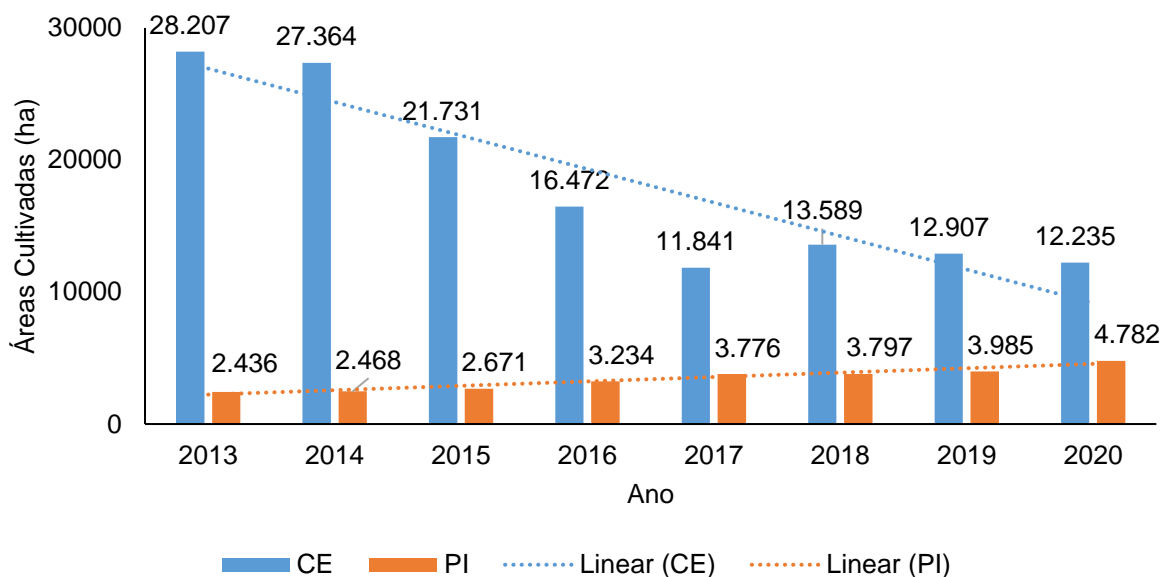
Fonte: Dnocs.

Cabe destacar que à exceção de alguns projetos públicos de irrigação localizados no Estado do Piauí, tais como Platôs de Guadalupe, Tabuleiros Litorâneos

do Piauí e Gurguéia, que têm como fonte hídrica rios perenes, os demais têm como fonte hídrica reservatórios superficiais, e o Fidalgo - PI, fonte de água subterrânea.

Neste tocante e a título de análise comparativa, a diferença na evolução de área irrigada no referido período nos projetos de irrigação localizados nos Estados do Ceará e do Piauí, conforme dados ilustrados na Figura 2, demonstram a importância da segurança hídrica para o investimento em agricultura irrigada. Enquanto no Estado do Ceará se observou um decréscimo na área irrigada de 54,2%, no Estado do Piauí se observou um acréscimo de área irrigada de 63,6% no mesmo período.

Figura 2 - Áreas irrigadas nos projetos de irrigação nos Estados do Ceará e do Piauí.



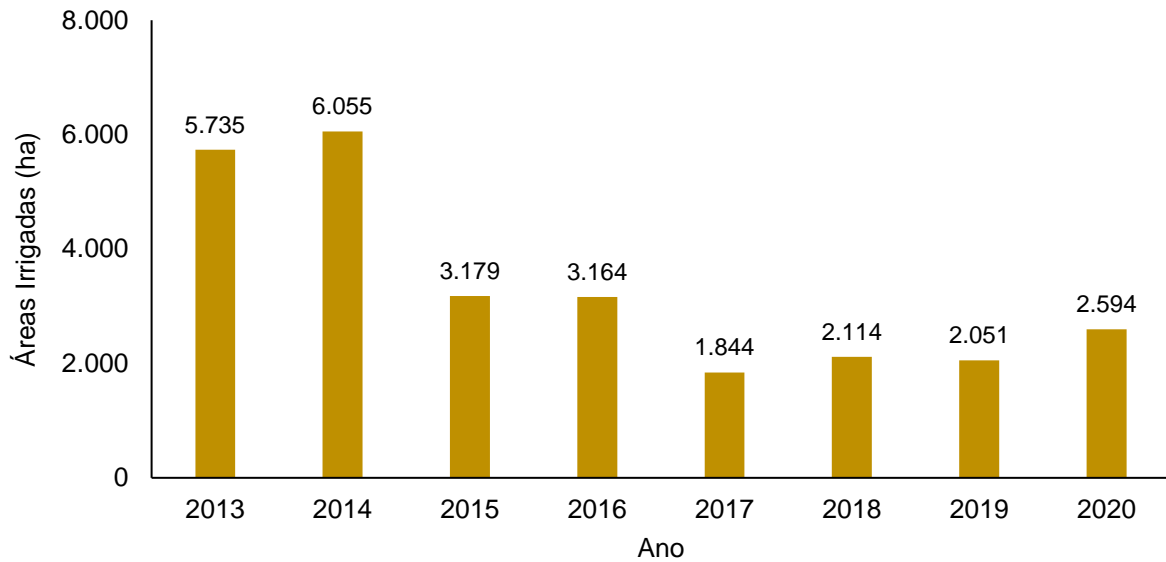
Fonte: Dnocs.

De acordo com Beltrão Júnior et al. (2017), além do aspecto climático associado ao semiárido brasileiro, some-se a crescente degradação dos recursos hídricos, se constituindo em mais um problema, realidade observada em parte dos rios e nascentes do território brasileiro.

Nos projetos de irrigação Baixo Acaraú e Tabuleiros de Russas, ambos no Ceará, e que entraram em operação até meados da década de 2000, se constituem nos que apresentam maior investimento em agricultura irrigada, e face ao ambiente promissor anterior à crise hídrica que assolou o semiárido brasileiro no período de 2012 a 2017, receberam novos investimentos em infraestrutura com a construção das

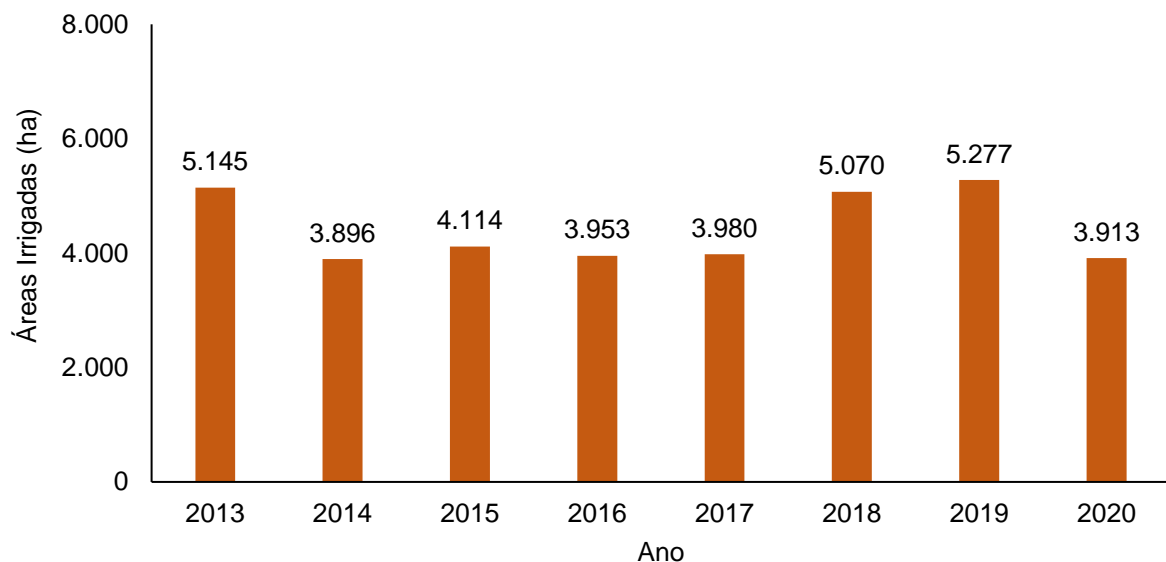
segundas etapas. As Figuras 3 e 4, apresentam no período 2013 a 2019, a evolução de área irrigada no Tabuleiros de Russas e Baixo Acaraú, respectivamente.

Figura 3- Área irrigada no Projeto Tabuleiros de Russas-CE.



Fonte: Dnocs.

Figura 4 - Área irrigada no Projeto Baixo Acaraú-CE.



Fonte: Dnocs.

O comportamento da evolução de áreas irrigadas nos dois projetos de irrigação está associado ao comportamento no aporte de água nos reservatórios que

abastecem os dois projetos no período em análise, ao fato do Castanhão, reservatório que abastece o Tabuleiros de Russas, ser também responsável pelo abastecimento de água de Fortaleza e ainda ao investimento na construção de poços no projeto Baixo Acaraú.

O crescimento da participação da agricultura irrigada na produção física e no valor da produção de alimentos é ainda mais relevante, tendo em vista o maior rendimento e a maior qualidade do produto em relação ao sequeiro, além de viabilizar culturas de maior valor agregado e sinergias positivas com a agroindústria (ANA, 2021).

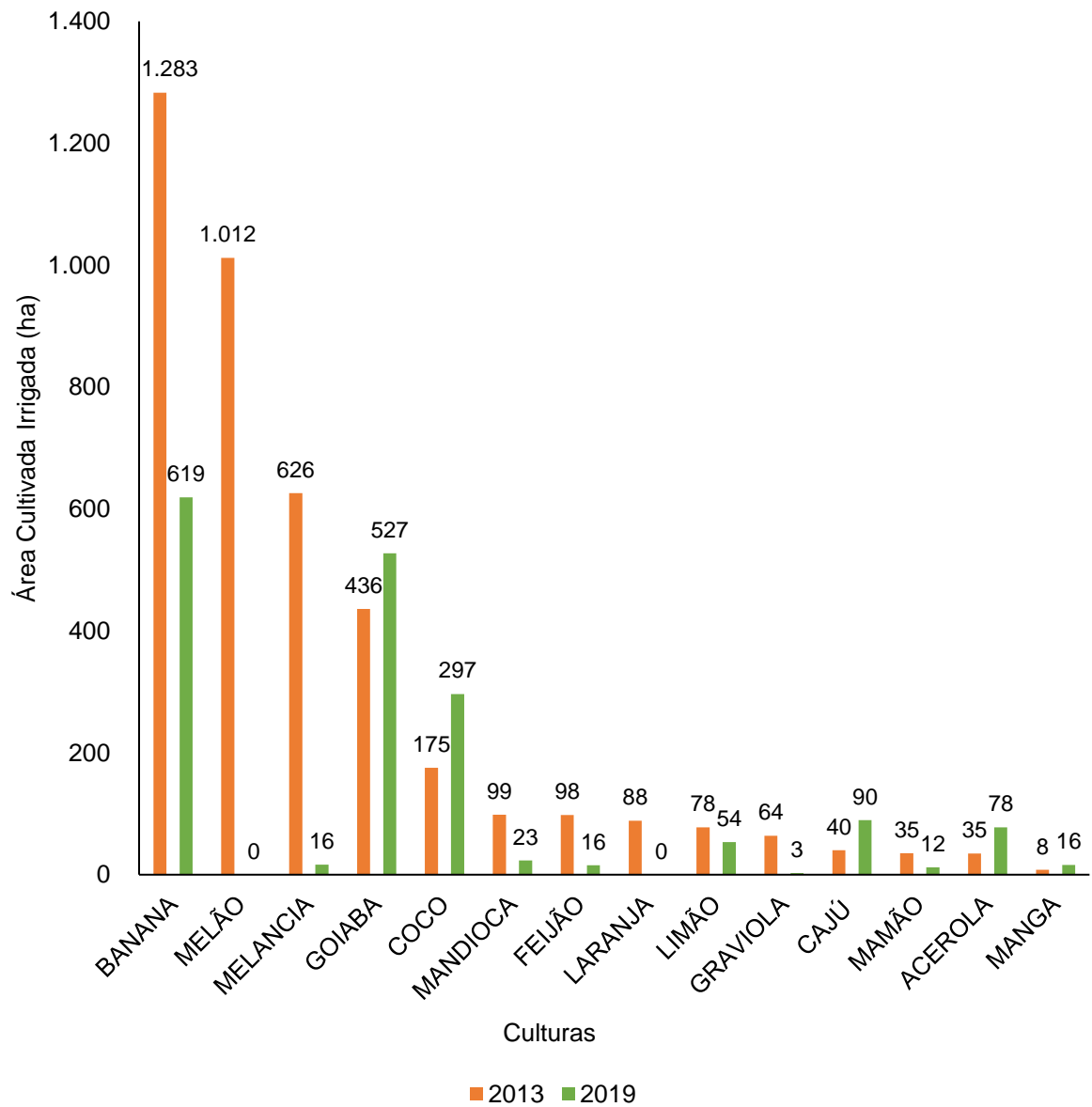
Na Figura 5 são apresentados os dados de área irrigada nos anos de 2013 e 2019 no Projeto de Irrigação Tabuleiros de Russas. Dos cinco cultivos com maiores áreas irrigadas no ano de 2013, verificaram-se reduções nas áreas irrigadas com as culturas da banana, melão e melancia, porém um incremento de área irrigada nas culturas da goiaba e do coqueiro. Na Figura 6 se visualizam as reduções e incrementos de áreas irrigadas para um total de 14 culturas, tendo como referência os anos de 2013 e 2019.

Cabe destacar a importância que a cultura do melão representava para o Tabuleiros de Russas, seja do ponto de vista econômico ou social, face a geração de empregos diretos. No ano de 2019, a cultura do melão não mais compunha o plano de ocupação do Tabuleiros de Russas, fato semelhante à cultura da melancia, praticamente erradicada, de vez que apresentou uma retração na área irrigada de 97,4% no período em análise. A cultura da bananeira, por sua vez, que ocupava maior área irrigada em 2013, apresentou uma redução de 51,7%.

O incremento nas áreas irrigadas com os cultivos da goiabeira e do coqueiro, cultivos perenes, em especial o coqueiro, face a elevada demanda de água, demonstra que a tomada de decisão do agricultor irrigante é sinalizada pela oportunidade e garantia na comercialização. Neste sentido cabe ao Distrito de Irrigação, responsável pela gestão de água, discutir, elaborar e aprovar conjuntamente com os seus associados um plano de gestão tendo como foco o incremento na produtividade da água para as atividades desenvolvidas no Projeto Tabuleiros de Russas.

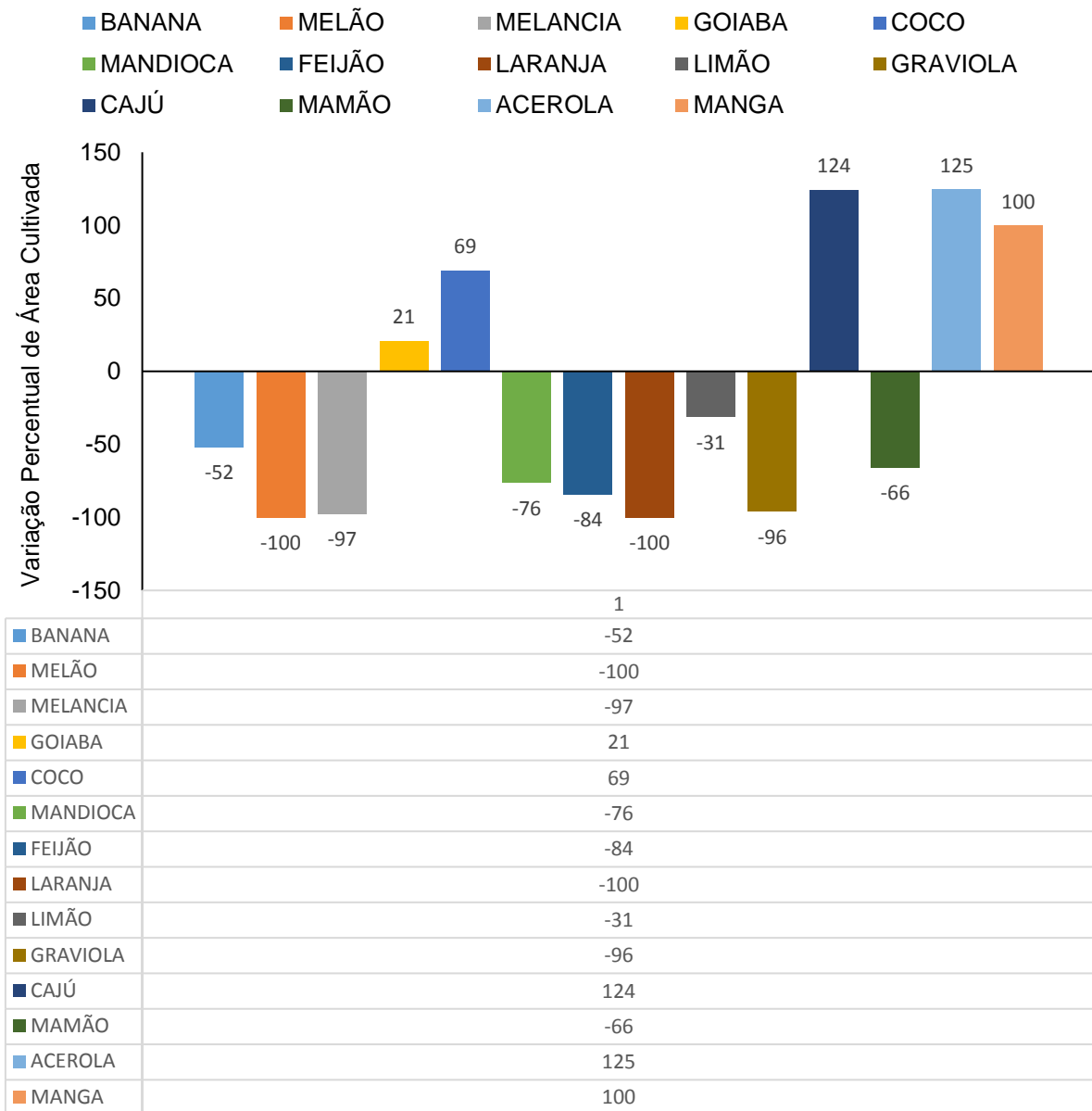


Figura 5 – Área irrigada no Tabuleiros de Russas-CE nos anos de 2013 e 2019.



Fonte: autora

Figura 6 – Variação percentual nas áreas cultivadas no Tabuleiros de Russas- CE para os anos de 2013 e 2019.



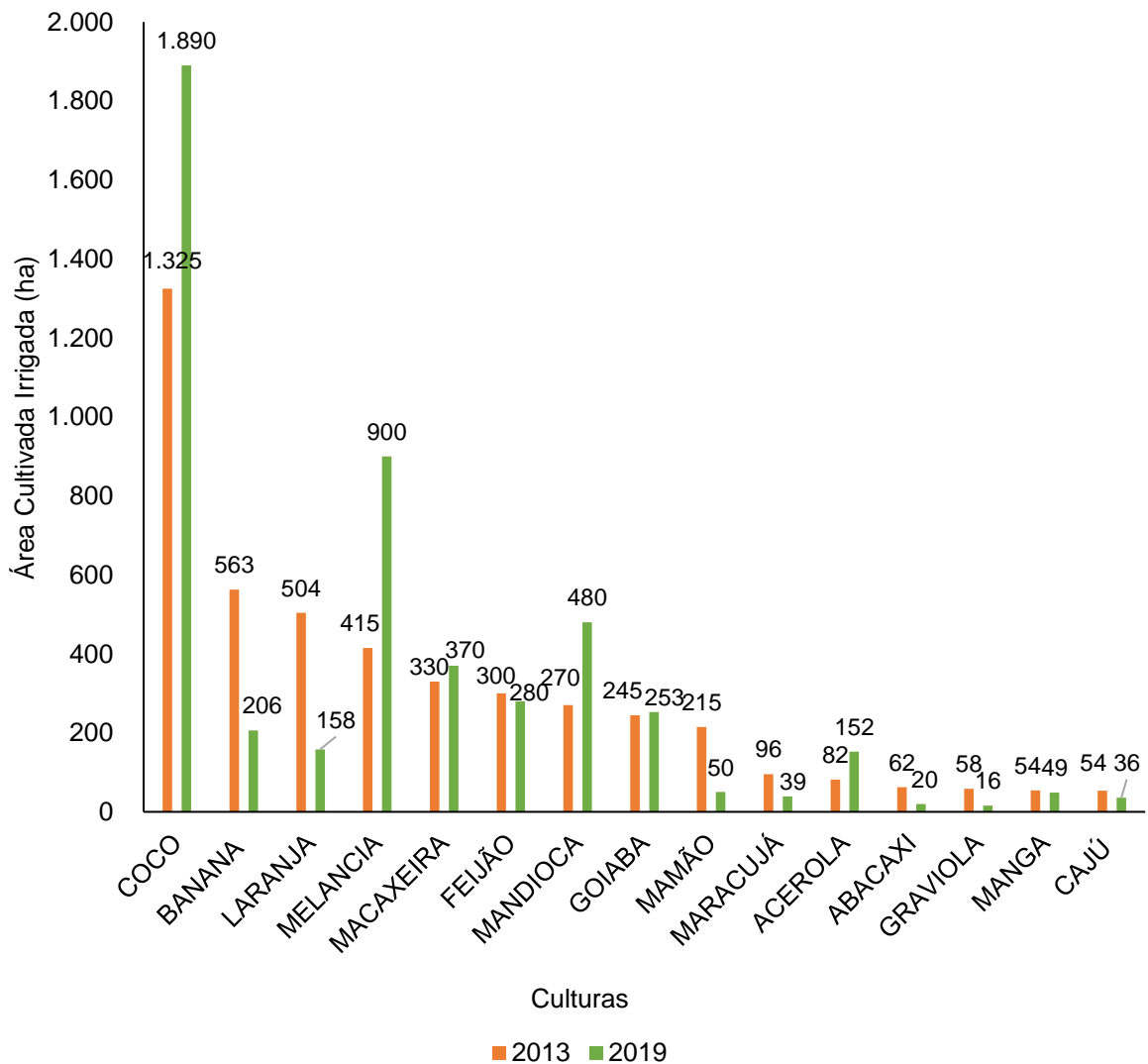
Fonte: autora

O incremento de 565 ha na área irrigada com o cultivo do coqueiro no Projeto Baixo Acaraú entre os anos de 2013 e 2019 (Figura 7), representando um aumento de 42,6% na área irrigada com esta cultura, traduz claramente a orientação do agricultor irrigante quanto à sua tomada de decisão na cultura a implantar sinalizada pelo aspecto da comercialização, considerando que a região conta com uma capacidade instalada da indústria do coco bastante sólida.

Cabe aqui lembrar a informação que circula entre os produtores de coco quanto a necessidade de água na região da ordem de 200 litros por dia. Esta informação pode levar ao irrigante em razão da carência de assistência técnica, a fazer uma dotação de água independente da época do ano e do estágio fenológico da cultura, proporcionando assim um significativo excedente de água ao se integrar a área total cultivada no Baixo Acaraú (1890 ha).

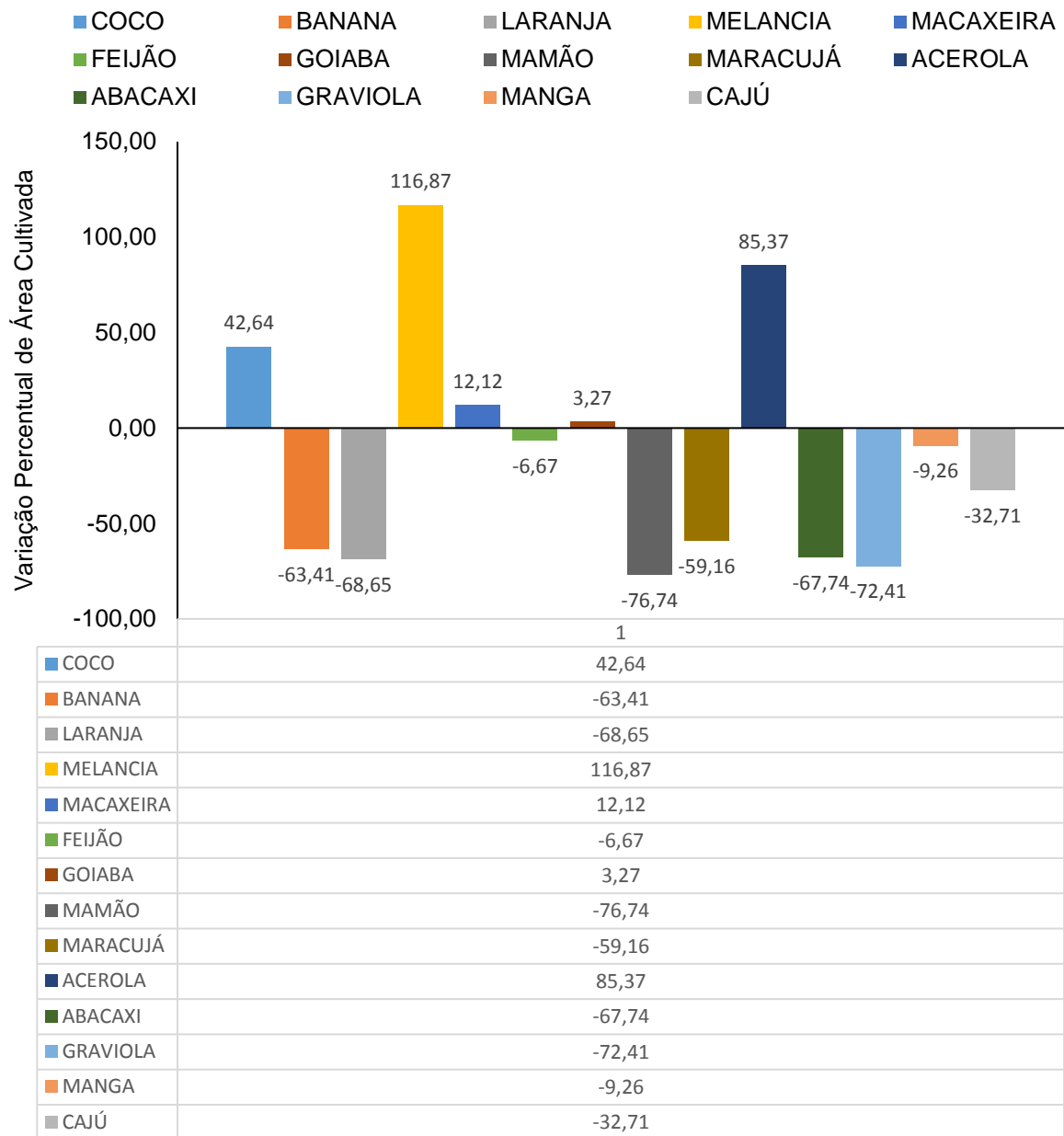
Na Figura 8 se visualizam as reduções e incrementos de áreas irrigadas para um total de 15 culturas no Baixo Acaraú, tendo como referência os anos de 2013 e 2019.

Figura 7 – Área irrigada no Projeto Baixo Acaraú nos anos de 2013 e 2019.



Fonte: autora

Figura 8 – Variação percentual nas áreas cultivadas no Baixo Acaraú - CE para os anos de 2013 e 2019.



Fonte: autora

#### 4.2 Valor bruto da produção nos projetos públicos de irrigação

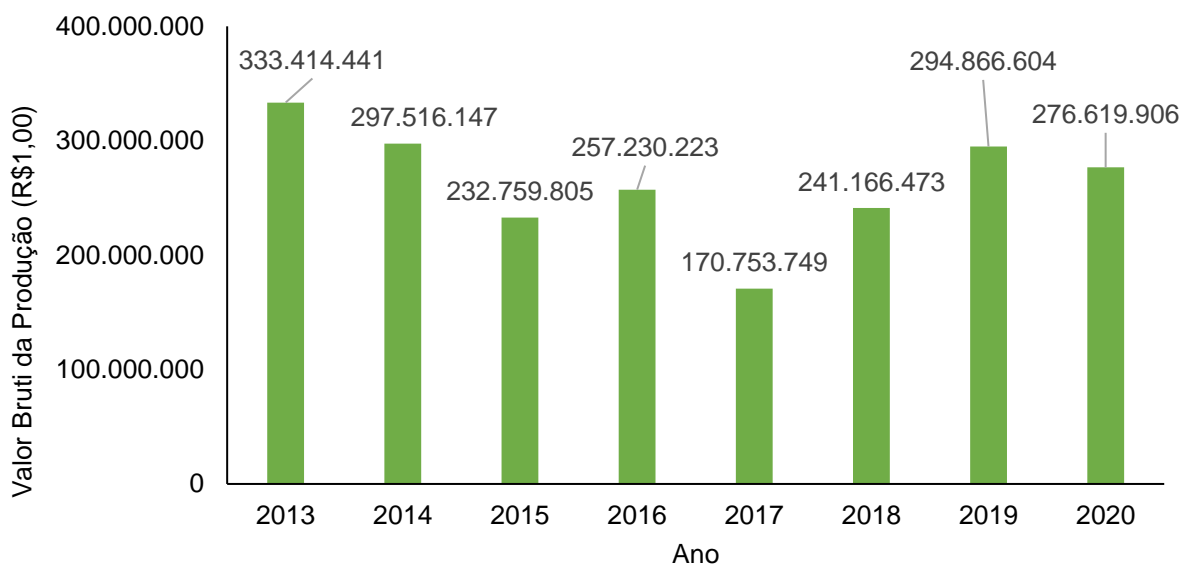
Segundo o MAPA (2021), o valor bruto da produção (VBP) agropecuária indica como a lavoura e a pecuária se comportaram durante o ano, correspondendo assim ao faturamento bruto dentro do local delimitado, seja estado, região ou país.

O mesmo se dá por meio do cálculo referente à produção da pecuária e da produtividade das safras geradas pela agricultura, com base nos preços dos produtos.

Na Figura 9 constam os totais de valor bruto da produção vegetal no período de 2013 a 2019 relativos aos projetos públicos de irrigação do Dnocs nas coordenadorias estaduais do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Bahia.

Os dados demonstram uma redução no VBP numa taxa semelhante à redução de área irrigada até o ano de 2017, seguido de um crescimento por volta de 73% no de 2019. Tal fato pode ser justificado por uma relativa estabilidade na redução da área irrigada entre os anos de 2017 e 2019, cultivos com maiores valores agregados e preços dos produtos.

Figura 9 – Valor bruto da produção vegetal nos projetos públicos de irrigação.



Fonte: Dnocs.

Esta capacidade de recuperação no VBP observada sob condições de irrigação, não se observa em cultivos de sequeiro, conforme demonstram Santana e Santos (2020), ao verificarem que nos anos de 2011 a 2017, 1305 municípios do semiárido brasileiro apresentaram variação negativa no valor da produção agrícola, dos quais 88 com perdas superiores a 90%.

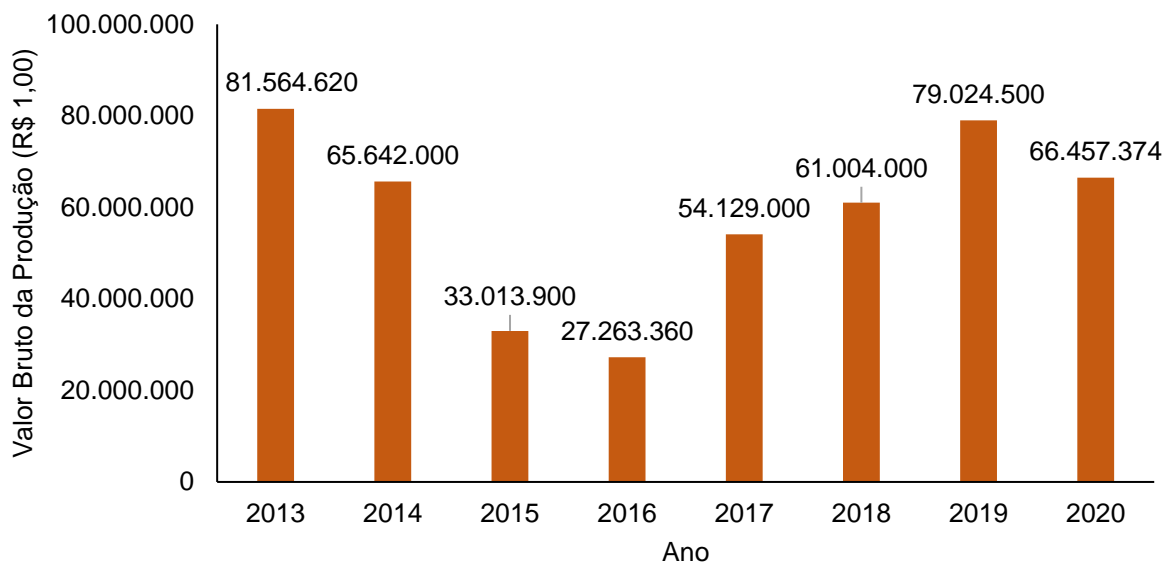
Numa análise individual e ilustrativa para os dois principais projetos públicos de irrigação do Estado do Ceará, nas Figuras 10 e 11 se visualizam os dados

de VBP para os projetos de irrigação Baixo Acaraú e Tabuleiros de Russas, respectivamente.

Os dados de evolução do VBP para o projeto de irrigação Baixo Acaraú no período em análise guardam uma semelhança com a evolução de área irrigada e aporte de água no açude Araras Norte (Figura 12), principal reservatório que abastece o projeto de irrigação.

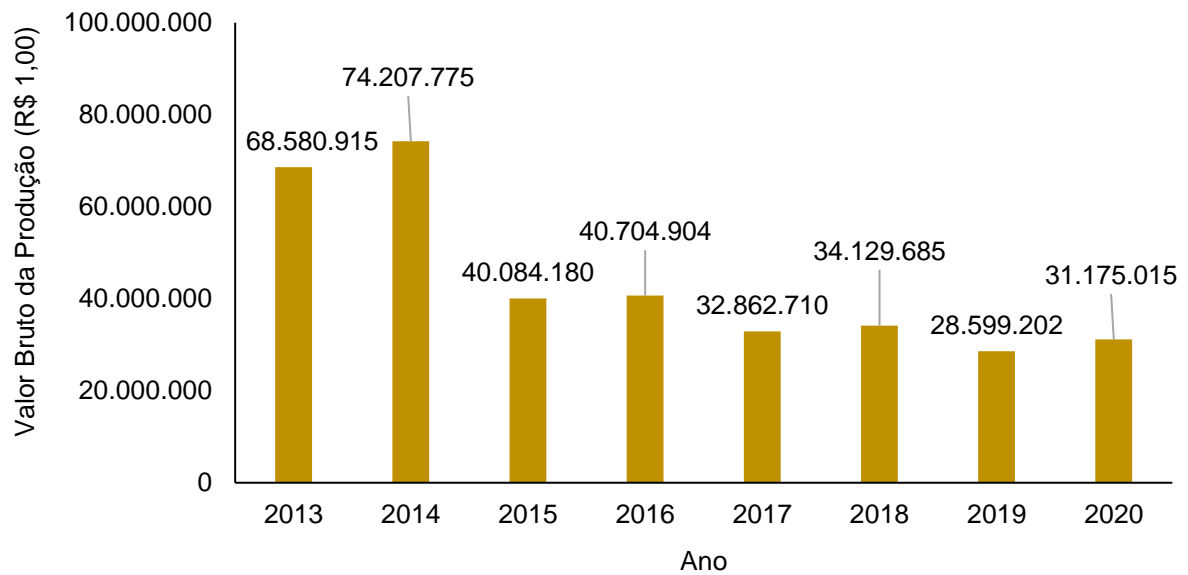
No ano de 2014, o Distrito de Irrigação do Tabuleiros de Russas operava uma vazão de  $2,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sendo que esta vazão foi reduzindo ao longo dos anos, chegando a operar com uma vazão de  $1,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  nos anos de 2018 e 2019 (Distar, 2020). A redução na disponibilidade de vazão impactou de forma muito forte na redução de área irrigada, e como consequência no valor bruto da produção.

Figura 10 – Valor bruto da produção vegetal no Projeto Baixo Acaraú - CE.



Fonte: Dnocs.

Figura 11 – Valor bruto da produção vegetal no Projeto Tabuleiros de Russas - CE.



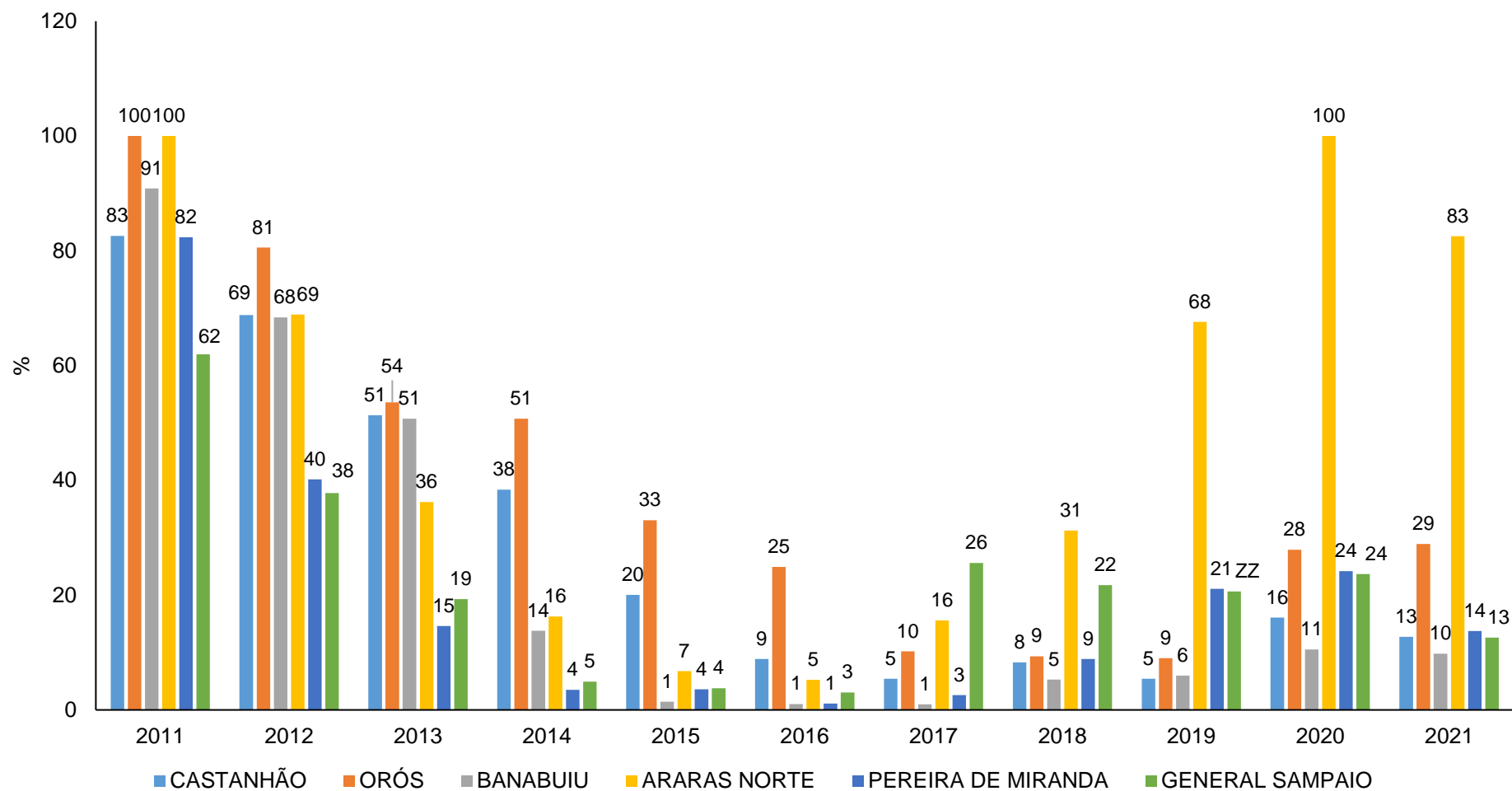
Fonte: Dnocs.

Cabe destacar que as culturas do melão e da melancia, que contabilizavam juntas uma área cultivada superior a 1600 ha, apresentavam em 2019 apenas 16 ha com melancia.

A drástica redução na vazão liberada para o Distar no período de 2014 a 2019 ensejou ao Distrito de Irrigação a necessidade de um trabalho muito criterioso na operação da infraestrutura de uso comum, bem como no apoio ao agricultor irrigante em nível de lote, chegando a implantar hidrômetros nos lotes e estabelecer critérios visando uma melhoria na eficiência do uso da água.

Os dados contidos na Figura 13 demonstram que no período de 2014 a 2019, o Distar operou com uma vazão específica bem aquém da projetada ( $1,15 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ), o que certamente deve ter levado o agricultor irrigante a não atender plenamente aos requerimentos de água das culturas e, portanto, comprometido os níveis de produtividade.

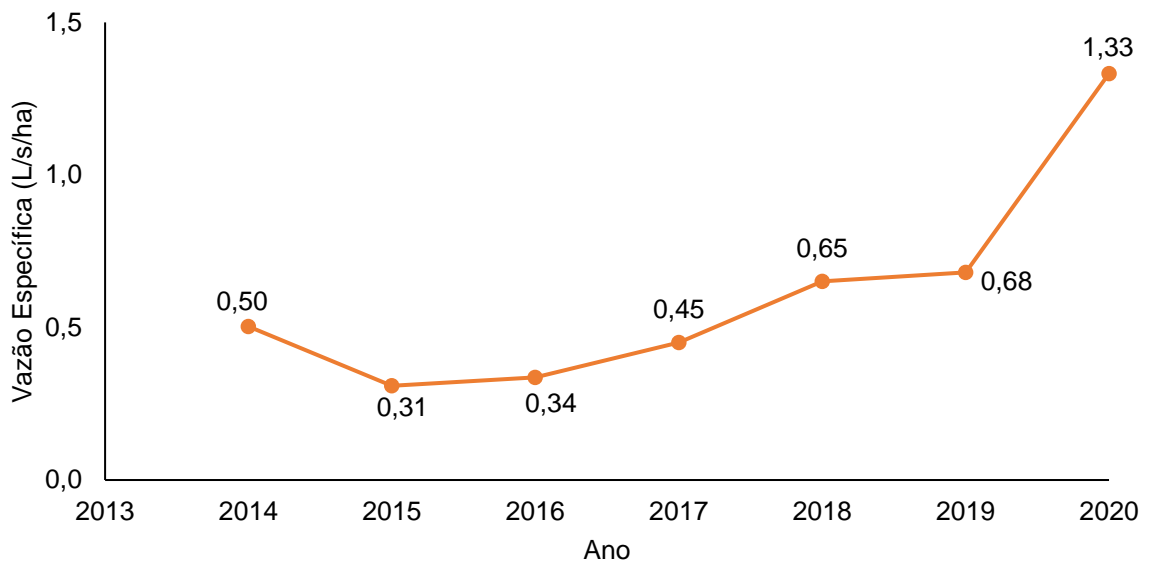
Figura 12 – Volume de água armazenado (%) dos principais reservatórios no Estado do Ceará.



Fonte: Portal Hidrológico do Ceará, FUNCEME e COGERH.



Figura 13 – Vazão específica no Distar no período de 2014 a 2020.



Fonte: Distar.

### 4.3 Fator de resposta da cultura

Nas Tabelas 14 e 15 constam os dados que permitiram calcular o valor de  $K_y$  para as culturas da melancia e do melão, respectivamente. Já na Figura 14 consta a título de ilustração a regressão linear utilizada para a obtenção do valor de  $K_y$ .

Tabela 14 - Dados de  $K_y$  para a cultura da Melancia Crimson Sweet irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	(1-Lr/Lm)	(1-Yr/Ym)	$K_y$
180,7	15874,9	0,58	0,38	
314,9	15924,9	0,27	0,37	0,78
429,9	25435,9	0,00	0,0	

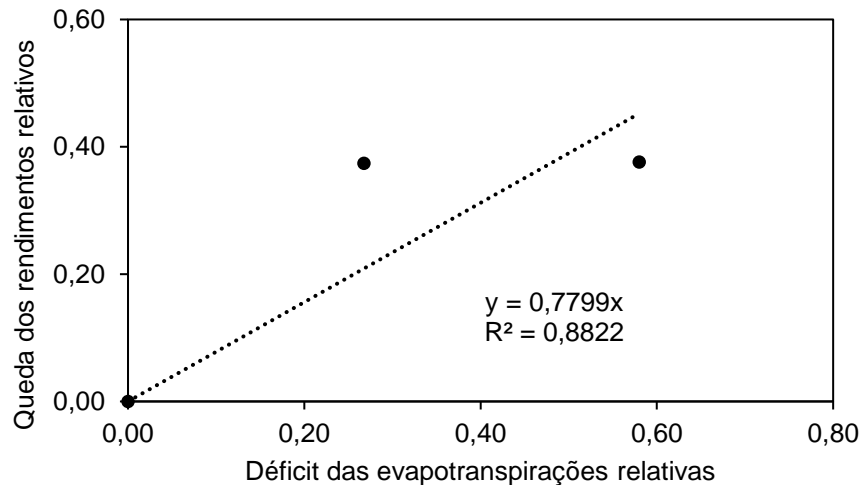
Fonte: Mousinho (2003).

Tabela 15 - Dados de  $K_y$  para a cultura do Melão (Cucumis melo L.) irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	(1-Lr/Lm)	(1-Yr/Ym)	$K_y$
232,7	15980,5	0,59	0,33	
334,7	19242,1	0,41	0,20	0,64
422,1	21559,4	0,26	0,10	
567,8	23927,3	0,00	0,00	

Fonte: Monteiro (2004).

Figura 14 - Relação entre o déficit de evapotranspiração relativa e a queda no rendimento relativo na produtividade da Melancia Crimsom Sweet irrigada por gotejamento.



As duas cucurbitáceas, melão e melancia, analisadas no estudo demonstraram se tratar de cultivos com baixos níveis de sensibilidade ao déficit hídrico, em especial o meloeiro. Uma função de produção ajustada do melão aos níveis de água permitiu verificar uma produtividade do meloeiro de  $25496 \text{ kg ha}^{-1}$ , obtida com o emprego de  $612,1 \text{ mm}$  de água (MONTEIRO et al., 2007). A região Nordeste do Brasil responde por cerca de 95% da produção nacional de melão, destacando-se como principais produtores e exportadores de frutos os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, representados, mais expressivamente, pelos Pólos de Mossoró e Açu, e pelos Pólos do Baixo Jaguaribe e Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, respectivamente (Silva & Costa, 2003).

Morais et al. (2008) analisaram a resposta melancia sob diferentes níveis de água (50; 75; 100 e 150% da evaporação no tanque classe A) e verificaram que que o nível de água correspondente a 75% da evaporação do tanque classe A proporcionou uma redução na produtividade da cultura de apenas 10%.

Na Tabela 16 constam os dados que permitiram calcular o valor de  $K_y$  para a cultura do cajueiro anão. Os resultados demonstram que o cajueiro-anão se mostrou dentre os cultivos analisados, como a opção com maior resistência ao déficit hídrico, traduzido no valor de  $K_y$  de 0,17. Assim, o cajueiro-anão se apresenta como um cultivo indicado a ser explorado na região semiárida nordestina, em especial o Estado do Ceará, tendo em vista ser o estado com maior área pertencente ao clima semiárido

no Nordeste brasileiro (BRASIL, 2005). Cabe destacar que o cajueiro é uma cultura de elevado valor econômico e social para o Nordeste brasileiro.

Tabela 16 - Dados de Ky para a cultura do Cajueiro Anão Precoce irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água Produtividade</b>		<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b>Ky</b>
<b>(L planta<sup>-1</sup>)</b>	<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
1659	4402,4	0,75	0,11	
3318	4371,3	0,50	0,12	0,17
6636	4948,9	0,00	0,00	

Fonte: Leite (2010).

Perdigão et al. (2010) analisaram os efeitos de níveis de água no desenvolvimento do cajueiro anão-precoce BRS-189 e verificaram que as lâminas de água aplicadas não afetaram significativamente as características altura de plantas, diâmetro do caule acima do enxerto e diâmetro do caule abaixo do enxerto. No estudo foram utilizados como tratamentos, lâminas de irrigação correspondentes a 25%, 50%, 100% e 150% da evapotranspiração da cultura.

Silva (2020) utilizou biocarvão e hidrogel para estudar o efeito na retenção hídrica do solo, no crescimento e na produtividade de cajueiro-anão clone “BRS 226”, constatando que o aumento da retenção hídrica promovida pelas diferentes doses de condicionadores de solo utilizados não apresentou efeito significativo no crescimento, produção de castanhas e produção de pedúnculos, quando utilizados em plantas de cajueiro-anão “BRS 226”, portanto, não sendo o uso indicado para cultivos de cajueiro nas condições submetidas. Os resultados da pesquisa demonstram a resistência do cajueiro-anão ao déficit hídrico.

Dentre as atividades agropecuárias praticadas no semiárido brasileiro, a produção de leite é uma opção economicamente viável (OLIVEIRA et al., 2016), sobretudo por garantir um fluxo de caixa frequente com a venda diária de produtos (CHAURASIYA et al., 2016). Tome-se como exemplo, o Perímetro Irrigado Morada Nova que de acordo com a associação dos irrigantes locais (Audipimn), no ano de 2019, dos 3733 ha irrigáveis, uma área de 3410 ha (91,4%) era ocupada com forrageiras destinadas à pecuária leiteira.

Nas Tabelas 17 e 18, constam respectivamente, os dados necessários ao cálculo de Ky para as culturas do capim tanzânia e da cunhã.

Tabela 17 - Dados de Ky para a cultura do Capim Tanzânia irrigada por aspersão em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	(1- Lr/Lm)	(1-Yr/Ym)	Ky
169,3	7090,3	0,63	0,34	
280,8	8385,4	0,39	0,22	0,53
462,4	10684,2	0,00	0,0	

Fonte: Ribeiro (2006).

Tabela 18 - Dados de Ky para a cultura da cunhã irrigada por aspersão em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	(1 - L/Lm)	(1-Yr/Ym)	Ky
365,6	60131,7	0,41	0,18	0,43
540,6	69235,4	0,12	0,05	
605,1	70820,4	0,02	0,03	
615,2	72977,9	0,00	0,00	

Fonte: Salgado (2010).

Neste sentido, os cultivos de capim tanzânia e cunhã se apresentam como ótimas alternativas de cultivo para a condição do semiárido brasileiro, em especial a cunhã, por apresentar 22% de proteína bruta na matéria seca e um valor de Ky igual a 0,37.

A cunhã (*Clitória ternatea L.*) é uma leguminosa tropical, perene, herbácea, originária da Ásia, que apresenta caules finos, com elevada massa foliar, produzindo feno de alta qualidade e boa palatabilidade, possuindo boa resistência à seca, sendo capaz de produzir nove cortes anuais em condições de irrigação (SALGADO et al. (2010). Ainda conforme ou autores em análise técnico-econômica da cunhã utilizando irrigação por aspersão convencional e turno de rega de cinco dias, foi possível obter uma produção média de 4,5 kg de massa verde de cunhã para cada metro cúbico de água aplicada e uma produtividade máxima de massa verde equivalente a 73,7 t ha<sup>-1</sup> com uma lâmina de água de 700,4 mm.

O capim Tanzânia é descrito como uma cultura perene, formadora de touceiras, com sistema radicular profundo, variando de 0,45m a 1,50m. Apresenta altura de 0,60 a 2,00m; limbos foliares verdes escuros, com 35,0 mm de largura, terminando em pontas finas; as panículas entre 12,0 e 40,0 cm de altura e as

espiguetas abertas entre 3,0 e 3,5 mm de longitude. As lâminas e bainhas são glabras, sem serosidade. Os colmos são levemente arroxeados, as inflorescências são do tipo panícula, com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são arroxeadas, glabras e uniformemente distribuídas (Santos, 2002).

Ribeiro (2006), analisando a produção de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia verificou uma redução de apenas 20% no rendimento médio de massa seca de forragem ao reduzir em 40% a lâmina de água aplicada em relação à requerida pela cultura.

Na Tabela 19 constam os dados necessários ao cálculo do Ky para a cultura do tomate.

Tabela 19 - Dados de Ky para a cultura do Tomate Cereja irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b>Ky</b>
237	5360,0	0,47	0,66	
342	10166,7	0,23	0,35	1,41
447	15580,0	0,00	0,00	

Fonte: Silva (2017).

Os resultados demonstram que o tomate cereja se mostrou dentre os cultivos analisados, como a opção com maior sensibilidade ao déficit hídrico, traduzido no valor de Ky igual a 1,41. Silva et al. (2013) observaram que o rendimento e a qualidade de frutos de tomateiro apresentaram comportamento linear crescente à medida que crescia a aplicação de água ao cultivo. Na referida pesquisa os níveis de irrigação variavam entre 33 e 166 % da evapotranspiração da cultura, demonstrando desta forma a sensibilidade da cultura ao déficit de água. Há que se considerar, no entanto, que os valores de Ky variam entre cultivares e para uma mesma cultivar, em conformidade com os estádios fenológicos.

Sousa (2020) analisou o fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária nas cultivares vermelha e laranja de tomate cereja e verificou que o coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico em ambas as cultivares varia nos estádios fenológicos na seguinte ordem decrescente: floração, maturação, frutificação e vegetativo. Portanto, com limitações de água para irrigação a fase vegetativa é recomendada para estratégia de irrigação com déficit. Observou ainda que o período fenológico da floração é considerado o mais crítico para a aplicação de déficit hídrico

em ambas as cultivares, porém mais acentuado para a cultivar laranja, não sendo recomendado para aplicação de irrigação deficitária. E por fim recomenda que a estratégia de déficit hídrico em todos os estádios fenológicos ao longo do ciclo de cultivo pode ser inviável em razão das perdas de produtividade chegarem entre 30 e 38% para as cultivares vermelho e laranja, respectivamente.

Na Tabela 20 constam os dados necessários ao cálculo do  $K_y$  para a cultura da bananeira prata anã.

Tabela 20 - Dados de  $K_y$  para a cultura da banana prata irrigada por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b><math>K_y</math></b>
585	6140	0,61	0,66	
817	6850	0,46	0,62	
1050	11800	0,31	0,34	1,17
1283	13110	0,15	0,26	
1515	17800	0,00	0,00	

Fonte: Figueiredo (2006).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo e de grande importância no agronegócio brasileiro, sendo que a região Nordeste contribui com a maior produção, aproximadamente 34% da produção nacional (IBGE, 2018). Não obstante este potencial da região, há de se considerar as irregularidades das chuvas na região, tal como o longo período de 2012 – 2017, o qual comprometeu os níveis de água nos principais reservatórios do estado e, portanto, a sua disponibilidade para a agricultura irrigada.

Em situações de escassez hídrica, os sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) são os mais recomendados, pois quando bem manejados proporcionam maior eficiência e menor consumo de água e energia, principalmente em regiões onde o fator água é limitante. Adicionalmente, o uso de cultivos que permitam estratégias de irrigação com déficit e que não venham a comprometer significativamente os seus rendimentos se apresenta como uma ótima alternativa.

Estudos desenvolvidos na região do Baixo Jaguaribe, principal pólo de irrigação do Estado do Ceará, indicam para a cultura da bananeira uma necessidade hídrica anual que varia entre 1400 e 2500 mm (MIRANDA et al., 2012). Ainda

conforme os autores, a cultura da bananeira requer irrigação com maior frequência, não suportando déficit hídrico no solo, o que pode acarretar perdas significativas de produtividades.

Oliveira (2018) realizou estudo sobre a pegada hídrica da cultura da bananeira nas principais regiões produtoras do Ceará e concluiu que a região de Missão Velha por apresentar uma pegada hídrica azul para a banana inferior em até 47% às pegadas hídricas azul das regiões da Chapada do Apodi e Russas sinaliza como uma região com potencial para atrair o cultivo irrigado desta cultura. Complementarmente, a fonte de água subterrânea na região do Cariri cearense tem se mostrado mais sustentável do ponto de vista da segurança hídrica do que a fonte de água superficial na região do Baixo Jaguaribe.

A cultura da bananeira, embora estratégica do ponto de vista econômico para a região do semiárido brasileiro, se trata de um cultivo não anual e com elevada demanda hídrica, numa região com frequentes períodos de escassez hídrica, o que requer por parte dos agricultores irrigantes um planejamento estratégico bastante acurado, considerando ainda que a cultura apresenta um valor de  $K_y$  igual a 1,17 e, portanto, com alta sensibilidade ao déficit hídrico.

Na Tabela 21 constam os dados necessários ao cálculo do  $K_y$  para a cultura do maracujazeiro amarelo.

Tabela 21 - Dados de  $K_y$  para a cultura do maracujá amarelo irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água (mm)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b><math>K_y</math></b>
63,3	9650	0,71	0,21	
118,5	9661	0,46	0,21	
171,5	8879	0,22	0,27	0,39
220,4	12192	0,00	0,00	

Fonte: Lucas (2002).

A cultura do maracujazeiro se apresenta como de baixa sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$  igual a 0,39). De acordo com Lima e Borges (2004) se trata de uma cultura relativamente resistente à seca, vindo a apresentar quedas significativas na produção para períodos prolongados de déficit hídrico.

O Brasil é o maior produtor mundial da cultura do maracujazeiro, correspondendo a uma produção total de 593.429,00 t com rendimento médio de

14,27 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019), com destaque para região Nordeste com 64,5% da produção nacional. Dentre os estados brasileiros, os maiores produtores são Bahia, Ceará e Santa Catarina (IBGE, 2019).

Araújo et al. (2012) em estudo sobre a produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários na região do Vale do Curu, CE, verificaram que a aplicação fracionada da lâmina de água requerida pela cultura com 50% às 07 h e 50% às 21 h 30 min, foi o manejo da irrigação que apresentou a maior produtividade e valores para os caracteres de produção número de frutos por planta e peso médio de frutos do maracujazeiro, praticamente o dobro se comparado com os tratamentos que proporcionaram as menores produtividades.

Na Tabela 22 constam os dados necessários ao cálculo do Ky para a cultura da mangueira Tommy.

Tabela 22 - Dados de Ky para a cultura da manga tommy irrigada por microaspersão em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água</b>	<b>Produtividade</b>	<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b>Ky</b>
<b>(mm)</b>	<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
229	9989	0,70	0,56	
327	11252	0,56	0,51	
458	13834	0,39	0,40	0,87
573	18936	0,24	0,17	
751	22923	0,00	0,00	

Fonte: Coelho (2008).

A cultura da manga com Ky (0,87), não obstante se apresentar como um cultivo com sensibilidade entre baixa e média, se analisada sob a ótica de um cenário de escassez hídrica prolongada, pode sofrer sérios problemas de quedas de produtividade por se tratar de cultivo perene.

O Perímetro Irrigado de Brumado, no município de Livramento de Nossa Senhora - BA, tem uma ocupação de 100% de sua superfície agrícola útil, tendo na mangicultura a principal atividade agrícola, representando em média mais de 90% da área irrigada. De maneira geral, o balanço entre os custos de operação e manutenção e o K<sub>2</sub> arrecadado, expresso pelo indicador de autosustentabilidade apresentou média de 1,04, fato esse desejado, tendo em vista que se buscam valores os mais próximos de 1,0. Desta forma, esse indicador demonstra que a gestão do



perímetro tem conseguido a manutenção do equilíbrio entre as despesas (custo de operação e manutenção) e as receitas ( $K_2$  arrecadado) ao longo do tempo (COSTA, SOUZA E ARAÚJO, 2008). Todo este cenário favorável poderá, no entanto, se transformar em um cenário desolador em caso de uma estiagem prolongada que necessite praticar um manejo de irrigação com déficit forte na principal cultura implantada no perímetro irrigado.

Na Tabela 23 constam os dados necessários ao cálculo do  $K_y$  para a cultura do mamão Formosa.

Tabela 23 - Dados de  $K_y$  para a cultura do mamão Formosa irrigado por gotejamento em função dos níveis do fator água.

<b>Níveis de água</b> <b>(mm)</b>	<b>Produtividade</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(1-Lr/Lm)</b>	<b>(1-Yr/Ym)</b>	<b><math>K_y</math></b>
346	4690	0,80	0,88	
693	9970	0,61	0,74	
1039,5	18770	0,41	0,52	1,17
1385,9	25790	0,22	0,34	
1769,5	38980	0,00	0,00	

Fonte: Garcia (2007).

O mamoeiro com valor de  $K_y$  igual a 1,17, se apresenta como uma cultura de alta sensibilidade ao déficit hídrico. Posse et al. (2008) verificaram que o mamoeiro cultivar Híbrido UENF/CALIMAN01 conduzido até os 13 meses e com quatro meses de colheita, apresentou um coeficiente de resposta de produção ( $K_y$ ) para frutos comerciais de 1,4581.

Nos últimos anos (2012 – 2017), o período de estiagem no semiárido brasileiro foi mais prolongado que a média histórica, agravando os problemas de disponibilidade de água para o uso agrícola. Não obstante um período chuvoso regular no ano de 2018, após seis anos consecutivos de chuvas abaixo da média, a situação ainda é crítica na maioria das bacias hidrográficas do Estado do Ceará, culminando com a suspensão da liberação de água para o abastecimento de praticamente todos os perímetros irrigados (CEARÁ, 2017).

Num cenário de escassez hídrica cada vez mais frequente, cultivos perenes ou semiperenes, sobretudo com alta sensibilidade ao déficit hídrico como é o caso do mamoeiro, não deve se constituir como prioridade em um estudo de plano de cultivo para áreas irrigadas. A Adece (2015) realizou estudo técnico para alocação de água

destinada à irrigação, e dentre outras sugestões, o estudo sugere criar um Comitê Permanente para a Agricultura Irrigada no Estado do Ceará e realizar a gestão do uso da água na irrigação com a utilização de um sistema de suporte à decisão.

Tendo em vista a gestão do uso da água na irrigação, a cultura do coqueiro é uma das culturas de alta demanda de água para o sucesso da sua produção.

Na Tabela 24 constam os dados necessários ao cálculo do Ky para a cultura do coqueiro anão.

Tabela 24 - Dados de Ky para a cultura do coqueiro anão irrigado por microaspersão em função dos níveis do fator água.

Níveis de água (mm)	Produtividade			Ky
	(Nº de frutos/planta)	(1-Lr/Lm)	(1-Yr/Ym)	
442	388,7	0,40	0,67	1,88
589	528,3	0,20	0,55	
736	1162,3	0,00	0,00	

Fonte: Camboim (2002).

O coqueiro com valor de ky igual a 1,88 mostrou-se caracterizado com Alta vulnerabilidade ao déficit hídrico, isso evidencia que essa cultura pode não ser válida para situações de seca ou baixa demanda hídrica na produção de coco anão verde.

Silva (2020), verificou que a irrigação com déficit na cultura do coqueiro aumentou os sólidos solúveis totais na água de coco e a produtividade da água de irrigação com relação aos frutos e água de coco.

Do Ó (2017), ao avaliar diferentes laminas de irrigação na cultura do coqueiro anão, sendo aplicadas laminas de 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração do coqueiro (ETc), avaliando a respostas dos déficits nos parâmetros de produtividades da água em termos de produção de frutos (WPf) e volume de água (WPv) produzida pelos frutos durante o período experimental (180 DAT) nas plantas de coqueiro Anão Verde em função dos tratamentos hídricos em Camocim, Ceará nos anos de 2016-2017, observou que a lâmina de 50% obteve a melhor produtividade com relação as demais em ambos os parâmetros estudados.

## 5 CONCLUSÕES

O percentual de redução na área irrigada e no valor bruto da produção nos projetos públicos de irrigação do Dnocs no período de 2013 a 2017 foi na mesma magnitude e em torno de 50%, sendo decorrente da crise hídrica no semiárido brasileiro neste período.

No Ceará, a área irrigada decresceu 54,2%, não obstante, no Estado do Piauí, a área irrigada ter crescido 63,6% no mesmo período, tendo em vista contar com fonte hídrica de rios perenes.

Os resultados dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico obtidos nesta pesquisa que diferem de resultados obtidos pela FAO estão associados às diferenças climáticas e/ou cultivares as quais os estudos foram realizados.

As culturas da cunhã e do capim tanzânia, em razão da baixa sensibilidade ao déficit hídrico, se apresentam respectivamente, com elevado potencial para compor banco de proteína e como gramínea em áreas de pastagens destinadas à bovinocultura leiteira, atividade em franca expansão em alguns projetos públicos de irrigação no semiárido brasileiro.

A inserção do cajueiro anão no planejamento de áreas irrigadas no semiárido, ambiente de baixa garantia hídrica, embora cultura perene, torna-se uma alternativa viável, face à elevada resistência ao déficit hídrico.

## REFERÊNCIAS

ADECE. **Estudo técnico para a alocação de água destinada à irrigação no médio e baixo Jaguaribe definindo os critérios e o monitoramento.** Fortaleza, dezembro de 2015.

ANA. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. ed. 2. Brasília: ANA, 2021.

ARAÚJO, Haroldo F. de; COSTA, Raimundo N. T.; CRISÓSTOMO, João R.; SAUNDERS, Luís C. U.; MOREIRA, Olavo da C.; MACEDO, Antônia B. M. **Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.2, p.159–164, 2012 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.

BARBOSA, A. M. A.; TAVARES, J. L.; NAVONI, J. A. **Caracterização e análise do potencial da água produzida como alternativa para reuso.** HOLOS, Ano 35, v.8, e9200, 2019. ISSN: 1807-1600. DOI: 10.15628/holos.2019.9200.

BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; COSTA, R. N. T.; LIMA, S. C. R. V.; IÑGUEZ, L. M.; SOUSA, P. G. R. **Fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão do distrito de irrigação.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, n.5, p. 1756 - 1762, 2017. ISSN 1982-7679 (On-line) Fortaleza, CE, INOVAGRI. DOI: 10.7127/rbai.v11n500801

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima.** Porto Alegre: Emater/RS, Ascar, 84 p., 2014.

BORGES, C. K.; MEDEIROS, R. M.; PATRÍCIO, M. C. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. M. A. **Balanço hídrico como planejamento agropecuário para a cidade de Cabaceira, Paraíba.** In: 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Campina Grande, PB. 2012.

BRASIL. **Delimitação do Semiárido Brasileiro.** Ministério da Integração Nacional. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Brasil, 2005.

CAMBOIM NETO, LUÍS DE FRANÇA. **Coqueiro anão verde: influência de diferentes lâminas de irrigação e de porcentagens de área molhada no desenvolvimento, na produção e nos parâmetros físico-químicos do fruto.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

CEARÁ. Portal Hidrológico do Ceará - **Volume armazenado dos reservatórios.** Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CHAURASIYA, K.K.; BADODIYA, S.K.; SOMVANSI, S.P.S.; GAUR, C.L. Entrepreneurial behaviour of dairy farmers in Gwalior district of Madhya Pradesh. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 69, p. 112-115, 2016.

CHAVES, V. S.; ALBUQUERQUE, T. M. A.; MENDONÇA, L. C. **Análise da viabilidade econômica, ambiental e social da implantação do sistema de reúso de água em uma indústria de revestimento cerâmico.** Revista DAE, São Paulo, v. 69, n. 228, p. 6-15, Jan-Mar, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.001>.

COELHO, Eugênio Ferreira; COELHO FILHO, Maurício Antônio; SANTANA, José Antônio do Vale. **Resposta da mangueira Tommy Atkins à irrigação em condições semi-áridas.** Revista Ceres, Viçosa, v.55, n.1, p.15-20, 2008.

COMAS, Louise H.; TRUTA, Thomas. J.; DEJONGE, Kendall. C.; GLEASON, Huihui Zhang Sean M. **Water productivity under strategic growth stage-based deficit irrigation in maize.** Agricultural Water Management, v. 212, p. 433-440, 2019. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377418310540?casa\\_token=fAEXiWeKxl4AAAAA:BETz7aP3Trzt\\_PQ6gVhCx0hRqgeKgXYEIP2Cn2lvAXYuT8c9nZFzIZGW3uvkKNDWL7tvzBaWeig#!](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377418310540?casa_token=fAEXiWeKxl4AAAAA:BETz7aP3Trzt_PQ6gVhCx0hRqgeKgXYEIP2Cn2lvAXYuT8c9nZFzIZGW3uvkKNDWL7tvzBaWeig#!). Acesso em: 15 abr. 2021.

COSTA, Raimundo Nonato Távora; SOUZA, José Ribamar Furtado de; ARAÚJO, Danielle Ferreira de. **Indicadores de desempenho em perímetros públicos irrigados na perspectiva da autogestão.** Reunião Sulamericana para Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semi-áridas, Salvador, p. 1-31, 21 a 23 de outubro de 2008.

DAVARI, Abolfazl. **Effect of Drought stress on Protein Contents, Respiration and Heat Shock Proteins in Crop Plants.** International Journal of Agriculture and Biosciences, p. 264-271, 2016. Disponível em: <http://www.ijagbio.com/pdf-files/volume-5-no-5-2016/264-271.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. **Síntese informativa dos projetos públicos de irrigação com suas respectivas fontes hídricas ano agrícola 2019.** Fortaleza – Ceará, p.1-66, 2021.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. Divisão de tecnologia e Operações Agrícolas-DTO. Serviço de Monitoramento da Produção-MP. **Síntese informativa dos projetos públicos de irrigação ano agrícola 2018.** Fortaleza – Ceará, p.1-56, out/2019.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. Divisão de tecnologia e Operações Agrícolas-DTO. Serviço de Monitoramento da Produção-MP. **Síntese informativa dos projetos públicos de irrigação Ano agrícola 2017.** Fortaleza – Ceará, p.1-85, nov/2018.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas -DNOCS. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Produção -DP. Divisão de Tecnologia e Operações Agrícolas -DTO. Serviço de Monitoramento da Produção – MP. **Síntese Informativa dos Perímetros Irrigados do DNOCS Ano Agrícola 2016.** Fortaleza – CE, p.1-69, dez/2017.

Departamento Nacional de Obras Contra as Seca – DNOCS. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Produção – DP. Coordenação de Tecnologia e Operações Agrícolas – CTA. Serviço de Monitoramento da Produção - MP. **Síntese Informativa dos Perímetros Irrigados do DNOCS Ano Agrícola 2015**. Fortaleza – CE, p.1-69, out/2016.

Departamento Nacional de Obras Contra as Seca – DNOCS. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Produção – DP. Coordenação de Tecnologia e Operações Agrícolas – CTA. Serviço de Monitoramento da Produção - MP. **Síntese Informativa dos Perímetros Irrigados do DNOCS Ano Agrícola 2014**. Fortaleza – CE, p.1-69, fev/2016.

Departamento Nacional de Obras Contra as Seca – DNOCS. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico e Produção – DP. Coordenação de Tecnologia e Operações Agrícolas – CTA. Serviço de Monitoramento da Produção - MP. **Síntese Informativa dos Perímetros Irrigados do DNOCS Ano Agrícola 2013**. Fortaleza – CE, p.1-76, jul/2014.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Efeito dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. cap. 11, pag. 151-161.

DISTAR. OLIVEIRA, Aridiano Belk de; GOMES, Elídia Maria de Matos. **Informações Gerais Perímetro Irrigado Tabuleiro de Russas**. Russas-CE. 2020. Apresentação de PowerPoint. 38 slides.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. (1994). **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de Gheyi, H.R., Sousa, A.A. de, Damasceno, F.A.V., Medeiros, J.F. de. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. (1979). **Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 193p.

DO Ó, LAÍS MONIQUE GOMES. **Fisiologia e produção de plantas de coqueiro anão sob diferentes níveis de irrigação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

EISSA, Mamdouh A., REKABY, Saudi A., HEGAB, Sabry A. & RAGHEB, Hussein M. **Effect of deficit irrigation on drip-irrigated wheat grown in semi-arid conditions of Upper Egypt**. JOURNAL OF PLANT NUTRITION 2018, v. 41, n. 12, p. 1576–1586, 2018. Department of Soils and Water, Faculty of Agriculture, Assiut University, Assiut, Egypt. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321427369\\_Effect\\_of\\_deficit\\_irrigation\\_on\\_](https://www.researchgate.net/publication/321427369_Effect_of_deficit_irrigation_on_)

drip\_irrigated\_wheat\_grown\_in\_semi-arid\_conditions\_of\_Upper\_Egypt. Acesso em: 17 abr. 2021 DOI:<https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1462381>.

FAHAD, Shah; BAJWA, Ali A.; NAZIR, Usman; ANJUM, Shakeel A.; FAROOQ, Ayesha; ZOHAIB, Ali; SADIA, Sehrish; NASIM, Wajid; ADKINS, Steve; SAUD, Shah; IHSAN, Muhammad Z.; ALHARBY, Hesham; WU, Chao; WANG, Depeng; HUANG, Jianliang. **Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options**. *Frontiers in Plant Science*, v.8, p. 1-16, 2016. ISSN: 1664-462X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2017.01147>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FIGUEIREDO, Flávio Pimenta de.; OLIVEIRA, Flávio Gonçalves; PEREIRA, Marlon Cristian Toledo. **Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da bananeira 'prata anã' cultivada no norte de minas gerais**. *Revista Ceres*, v. 52, n. 301, p. 429-433, 2005. Universidade Federal de Viçosa Viçosa. ISSN: 0034-737X. Disponível em:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305242981010>. Acesso em: 15 jun. 2021.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 4, p. 707-717, 2005. DOI: 10.4025/actasciagron.v27i4.1697.

GARCIA, Fernanda Cristina de Holanda; BEZERRA, Francisco Marcus Lima; FREITAS, Cley Anderson Silva de. **Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE**. *Revista Ciência Agrônômica*, v.38, n.2, p.136-141, 2007. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Disponível em:<https://www.ccarevista.ufc.br>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GUPTA, Aditi; RICO-MEDINA, Andrés; CAÑO-DELGADO, Ana I. **The physiology of plant responses to drought**. *Science*, v. 368, ed. 6488, p. 266-269, 2020. DOI: 10.1126 / science.aaz7614.

HOLANDA, José S. de; AMORIM, Júlio R. A. de; NETO, Miguel Ferreira; HOLANDA, Alan C. de; SÁ, Francisco V. da S. **Qualidade da água para irrigação**. In: *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados*. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. cap. 04, p. 35-50.

IBGE. **SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 10 de setembro 2021.

JÚNIOR, José Aguiar Beltrão. **Fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão para sustentabilidade do Distrito de irrigação Baixo Acaraú**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

KIRDA, C. **Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance**. *Deficit Irrigation Practices*, v.22. P. 3-10,2002.

LEITE, Kelly Nascimento. **Análise econômica da resposta do cajueiro anão precoce BRS 189 aos fatores de produção água e adubo potássico**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LIMA, A. de A.; BORGES, A. L. **Exigências edafoclimáticas**. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. Maracujá: Produção e qualidade na passicultura. Cruz das Almas: Embrapa, p. 37–44, 2004.

LIMA, E. F.; SANTANA, J. S.; MORAES, R. G. S.; FONSECA, B. L. A. S.; OLIVEIRA, P. L. de S.; SILVA, C. M. da.; **Desempenho de equações bioclimáticas para estimativa da evapotranspiração de referência em Conceição do Araguaia/PA**. Revista SUSTINERE, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 96-105, jan-jun, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2019.43416>.

LIPAN, Leontina, MARTÍN-PALOMO, María J.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, Lucía; CANO-LAMADRID, Marina; SENDRA, Esther; HERNÁNDEZ, Francisca; BURLÓ, Francisco; VÁZQUEZ-ARAÚJO, Laura; ANDREU, Luis; CARBONELL-BARRACHINA, Ángel A. **Almond fruit quality can be improved by means of deficit irrigation strategies**. Agricultural Water Management, v.217, p.236-242, 2019. ISSN:0378-3774. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837741831970X>. Acesso em: 15 abr. 2021

LUCAS, Ariovaldo Antonio Tadeu. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002.

MARQUES, P. E. & TEIXEIRA, E. C. **Sistema de apoio à decisão para alocação de água na agricultura irrigada em nível de microbacia hidrográfica**. Revista Iberoamericana del Agua, v. 6, n. 1, p. 63–77, 2019. ISSN: 2529-8968 (Online) DOI: <https://doi.org/10.1080/23863781.2019.1635918>.

MAPA. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso: 09 setembro 2021.

MIRANDA, F. R. de MASCEDO, A. B M., GONDIM, R. S. **Eficiência de uso da água e produtividade da bananeira cv. Pacovan sob diferentes potenciais de água no solo**. Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 18 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543, 61).

MONTEIRO, Rodrigo Otávio Câmara; COSTA, Raimundo Nonato Távora; LEÃO, Moisés Custódio Saraiva; AGUIAR, José Vanglésio de Aguiar. **Aspectos econômicos da produção de melão submetidos a diferentes lâminas de**



**irrigação e doses de nitrogênio.** Revista Irriga Botucatu, v.12, n.3, p. 364-376, julho-setembro, 2007. ISSN: 1808-3765.

MONTEIRO, Rodrigo Otávio Câmara. **Função de resposta da cultura do meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu, CE.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MOUSINHO, Francisco Edinaldo Pinto; COSTA, Raimundo Nonato Távora; SOUSA, Francisco de; GOMES FILHO, Raimundo Rodrigues. **Função de resposta de melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE.** Revista Irriga. Botucatu, v.8, n.3, p. 264-272, set-dez, 2003. ISSN: 1808-8546.

MORAIS, Neuzo Batista de; BEZERRA, Francisco Marcus Lima; MEDEIROS, José Francismar de.; CHAVES, Sérgio Weine Paulino. **Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio.** Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 3, p.369-377, jul-set, 2008. ISSN 1806-6690. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

MORANDO, R.; SILVA, A. O.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M. P. M. A.: **Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja.** Journal of Agronomic Scienses, Umuarama, v. 3, p. 114 – 129, 2014.

MOREIRA, Olavo da Costa. **Indicadores técnicos e econômicos da cenoura aos fatores de produção água e composto orgânico.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

NASCIMENTO, Sebastião P. do et al. **Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, Aug. 2011. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011000800013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000800013&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 04 Nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800013>.

NETO, Espindula Dalmácio; MANTOVANI, Everardo Chartuni; SILVA, José Geraldo Ferreira da; ZAMBOLIM, Laércio; SILVEIRA, Suely de F. R.; BERNARDO, Salassier. **Resposta do mamoeiro a diferentes lâminas de irrigação.** Papaya Brasil 2007. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/829/1/2007-cap-19.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021

OLIVEIRA, Marla Conceição; CAMPOS, José Maurício de Souza; OLIVEIRA, André Soares de; FERREIRA, Marcelo de Andrade; MELO, Airon Aparecido Silva de. **Benchmarks for milk production systems in the Pernambuco agreste region, northeastern Brazil.** Rev. Caatinga, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 725 – 734, jul. – set., 2016 . Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rcaat/v29n3/1983-2125-rcaat-29-03-00725.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

OLIVEIRA, Vandemberk Rocha de. **Pegada hídrica da banana nas principais regiões produtoras do Ceará.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

OUDA, S.; NORELDIN, T.; ALARCÓN, J.J.; RAGAB, R.; CARUSO, G.; SEKARA, A.; ABDELHAMID, M.T. **Response of Spring Wheat (*Triticum aestivum*) to Deficit Irrigation Management under the Semi-Arid Environment of Egypt: Field and Modeling Study.** Agriculture p. 1-13, 202. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11020090>

PERDIGÃO, Paulo de C. N.; COSTA, Raimundo N. T.; MEDEIROS, Almiro T.; SILVA, Luís A. da; SANTOS, Márcio Davy S. **Efeitos de níveis de água e adubação potássica no desenvolvimento do cajueiro anão-precoce, BRS – 189.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.5, n.1, p.90-94, jan.-mar., 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119012589015.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021

PEREIRA, L. S. **Necessidades de água e métodos de rega.** Publicado na Europa e América. 1. ed. Lisboa-Portugal. 2004. 300 p

PEREIRA, T. M. S.; SANTIAGO, M. da S.; SILVA, J. A. L.; MOURA, D. C. **Tanques de pedra: tecnologia social voltada a gestão hídrica.** Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.4, n.1. p.16-23, 2018. OPEN JOURNAL SYSTEMS ISSN: 2595-4431.

POSSE, Robson P.; BERNARDO, Salassier; SOUSA, Elias F. de, PEREIRA, Messias G.; MONNERAT, Pedro H.; GOTTARDO, Romildo D. **Relação entre a produtividade do mamoeiro e o déficit hídrico (ky) na região Norte Fluminense.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 158-164, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662009000200008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000200008&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 Abr. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000200008>.

PRACIANO, A. C.; GORAYEB, A.; MONTEIRO, L. de A. **Estudo de viabilidade do uso de energia eólica para irrigação da bananicultura do Ceará.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.13, n.5, p. 3691 - 3702, Fortaleza, CE, 2019. ISSN: 1982-7679 (On-line). DOI: 10.7127/rbai.v13n5001140.

RIBEIRO, Esaú Matos. **Produtividade do capim tanzânia (*panicum maximum* jacq. cv. tanzânia) em função da lâmina de água e da adubação nitrogenada no Vale do Curu, CE.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SALGADO, Eveline Viana. **Análise técnico-econômica da cunhã em função de lâminas de água e adubação fosfatada no Vale do Curu, Ceará.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SCHARWIES, Johannes Daniel; DINNENY, José R. **Water transport, perception, and response in plants**. Journal of Plant Research, p. 311-324, 2019. DOI.: <https://doi.org/10.1007/s10265-019-01089-8>

SALGADO, Eveline Viana; COSTA, Raimundo Nonato Távora; CARNEIRO, Maria Socorro de Souza; SAUNDERS, Luís Carlos Uchôa; ARAÚJO, Haroldo Ferreira de. **Análise técnico-econômica da cunhã em função dos fatores de produção água e adubação fosfatada**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 1, p. 53-58, jan-mar, 2010. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

SAMPAIO, A. H. R. **Irrigação com déficit hídrico e eficiência do uso da água em lima ácida 'Tahiti' no semiárido baiano**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SANTANA, A. S. de; SANTOS, G. R. dos. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. In: **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Brasília: Ipea. Dirur 2008. n. 1, p.119-129. ISSN 2177-1847.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; RAJ GHEYI, H.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. **Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade**. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. ISSN 1806-6690.

SARAIVA, Kleiton Rocha et al . **Regulated deficit irrigation and different mulch types on fruit quality and yield of watermelon**. Rev. Caatinga, Mossoró , v. 30, n. 2, p. 437-446, June 2017 . Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21252017000200437&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252017000200437&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 08 Fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n219rc>.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S.; AMORIM, A. V.; CARVALHO, L. C. C.; FILHO, J. V. P. **Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura do girassol nas condições do semiárido cearense**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.8, n. 1, p. 38 - 51, 2014. ISSN 1982-7679 (On-line), Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>. DOI: 10.7127/rbai.v8n100185

SILVA, C. B. da.; SILVA, J. C. da.; SANTOS, D. P. dos.; SILVA, P. F. da.; BARBOSA, M. de S.; SANTOS, M. A. L. dos.; **Manejo da irrigação na cultura da beterraba de mesa sob condições salinas em Alagoas**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.13, n.2, p. 3285 - 3296, Fortaleza, CE, 2019. ISSN 1982-7679 (On-line). DOI: 10.7127/rbai.v13n200880.

SILVA, É. L.; SILVA, K. A.; SOUSA, F. R. L.; TAVARES, F. B. R. **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. 01-14, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i6.1038>.

SILVA, H. R.; COSTA, N. D. **Melão produção: Aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 225, 2003.

SILVA, Janderson Pedro da. **Utilização de biocarvão e hidrogel e seu efeito na retenção hídrica do solo, no crescimento e na produtividade de cajueiro-anão clone “brs 226”**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53312/3/2020\\_dis\\_jpdsilva.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53312/3/2020_dis_jpdsilva.pdf). Acesso em: 11 Jan. 2021

SILVA, JANILSON BARBOSA DA. **Produção inicial do coqueiro anão verde sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SILVA, Valsergio Barros da. **Resposta do tomate cereja sob cultivo orgânico aos níveis de água e diferentes tipos de cobertura morta**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVEIRA, R. N. C. M.; PEIXOTO, F. S.; COSTA, R. N. T. ; CAVALCANTE, I. N. **Droughts Impact in Irrigated Perimeters in the Brazilian Semi-Arid**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, v. 41, p. 268-275, 2018.

SOUROUR, A.; AFEF, O.; MOUNIR, R.; MONGI, B. Y. **A review: Morphological, physiological, biochemical and molecular plant responses to water deficit stress**. The International Journal Of Engineering And Science (IJES), v.6, p.01-04, 2017. ISSN (e): 2319 – 1813 ISSN (p): 2319 – 1805.

SOUSA, Kleyton Chagas de. **Fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária em duas cultivares de tomate cereja**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.