



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

**VALSERGIO BARROS DA SILVA**

**DÉFICIT HÍDRICO, SECAGEM PARCIAL DA ZONA RADICULAR E  
COBERTURA MORTA NO CULTIVO DE PIMENTA DE CHEIRO**

**FORTALEZA**

**2022**

VALSERGIO BARROS DA SILVA

DÉFICIT HÍDRICO, SECAGEM PARCIAL DA ZONA RADICULAR E COBERTURA  
MORTA NO CULTIVO DE PIMENTA DE CHEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito a obtenção do título de Doutor na Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

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

---

- S584d Silva, Valsergio Barros da.  
Déficit hídrico, secagem parcial da zona radicular e cobertura morta no cultivo de pimenta de cheiro /  
Valsergio Barros da Silva. – 2022.  
59 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva.
1. Produtividade da água. 2. Análise de fluxo de caixa. 3. Trocas gasosas. 4. Valor presente líquido. I.  
Título.

CDD 630

---

VALSERGIO BARROS DA SILVA

DÉFICIT HÍDRICO, SECAGEM PARCIAL DA ZONA RADICULAR E COBERTURA  
MORTA NO CULTIVO DE PIMENTA DE CHEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito a obtenção do título de Doutor na Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva

Aprovada em: 20 / 12 / 2022 .

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

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

---

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior  
Universidade Federal do Pernambuco (UFRPE)

---

Prof. Dr. Fernando Ferraria Putti  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

---

Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Agroindústria Tropical)

A minha avó Mãezor, por tudo que representa em minha vida e que certamente está comigo festejando este grande momento. (*in memoriam*)

Aos meus pais Maria do Carmo e Valdimiro, aos meus irmãos e a minha Esposa Janiquelle pelo apoio, Dedicção e incentivo na realização deste trabalho

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua presença constante.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – (Funcap), pelo apoio financeiro com a concessão de bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, pela oportunidade e suporte oferecidos.

Aos meus pais, Maria do Carmo Barros da Silva e Valdimiro Vieira da Silva, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

À minha esposa Janiquelle da Silva Rabelo pela ajuda incondicional em todas as etapas do mestrado, pela paciência e principalmente pelo carinho. Valeu apenas todos os momentos que enfrentamos nessa caminhada.

Aos meus irmãos Walcelio, Valcilene, Verônica e Valdones pelo amor e incentivos constantes.

Ao professor Dr. Alexsandro Oliveira da Silva, pelas orientações e ensinamentos, paciência, amizade, incentivo e contribuição para meu crescimento profissional.

Ao professor Dr. Raimundo Nonato Távora Costa pela amizade e pelos ensinamentos no transcorrer do curso.

Aos funcionários e colegas da Fazenda Experimental Vale do Curu. Em especial ao Engenheiro Agrônomo Kleyton Chagas de Sousa, Didi, Zé Airton, Zé Amilton, Ana, Iara, Júlia, Iron, Geovani, Gleise, Louro, Cicinho, Célio, Sogro da Ana, Heber, Mardilson, Romário, Emerson, Kirino (*In memoriam*), Eronaldo, Chico Amaro, sogro da Ana, Cicero e José de Mesquita Sales, pela amizade e auxílio na condução do experimento.

Ao Paulo Ricardo, Irmão Assis, Jonas, Darlan pela colaboração na condução dos trabalhos de campo.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo - Semiárido (GPEAS-Semiárido), pelo empenho durante a realização deste estudo, em especial ao Jonas.

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

Aos amigos, em especial: José Israel, Alfredo Mendonça, Edibergue Oliveira, João Germano, Danilo Nogueira, Francisco Thiago, Jeriane, Aureliano, Edvânia, Luana, Laís Monique, Keivia, Mayara Santos, Antônio Neto, Lucas Aguiar, Ramon Cruz, Edilson Bier, Jorge, Iara, Gladson, João de Deus, Tia Fátima, Tio Zé, enfim todos que compartilharam esses bons momentos durante estes dois anos.

## RESUMO

Estudos sobre secagem parcial da raiz (SPR) e irrigação deficitária (ID) combinado com a cobertura morta no solo em pimenta de cheiro, assim como estudos sobre a viabilidade econômica dessa combinação, são escassos, por isso, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos fisiológicos, produtivos e econômicos da pimenta de cheiro irrigada por secagem parcial da zona radicular, irrigação por déficit e irrigação plena com e sem cobertura do solo. O estudo foi realizado no semiárido cearense, nos anos experimentais 2018 e 2019. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O tratamento primário (parcelas) foi constituído por cinco estratégias de irrigação: Irrigação plena (IP), 100% da ETc; irrigação com déficit, ID40 e ID70, 40% e 70% da ETc, respectivamente; e secamento parcial do sistema radicular SPR40 e SPR70, 40 e 70% da ETc, respectivamente. Nos tratamentos SPR40 e SPR70 a água foi fornecida em um lado do sistema radicular, enquanto que o outro lado da zona de raiz permaneceu sem água, sendo os lados alternados a cada sete dias. Nos tratamentos IP, ID40 e ID70 a água foi fornecida apenas de um lado do sistema radicular com um emissor. Os tratamentos secundários (subparcelas) consistiram em dois níveis de cobertura morta (0 e 21 t ha<sup>-1</sup>). Aos 60 dias após o transplante foram realizadas as avaliações das variáveis fisiológicas, nas duas épocas, quais sejam: taxa fotossintética líquida, condutância estomática, taxa de transpiração foliar, concentração interna de CO<sub>2</sub>, eficiência de carboxilação, eficiência instantânea no uso da água e os pigmentos fotossintéticos. Avaliaram-se os dados produtivos, número de frutos, massa fresca do fruto, produtividade da cultura e produtividade da água de irrigação. Analisaram-se os dados econômicos valor presente líquido, taxa interna de retorno e o tempo de recuperação do capital “payback”. Os resultados indicaram que a irrigação plena promoveu melhor desempenho produtivo, fisiológico e econômico. No entanto, em situação de escassez hídrica a utilização da SPR70 e ID70 e uso da bagana é uma alternativa financeiramente viável, pois promove uma maior economia de água e isso conjectura um resultado positivo, pois oferece uma redução no custo de produção, mantendo satisfatório os fatores fisiológicos e produtivos da cultura.

**Palavras-chave:** produtividade da água; análise de fluxo de caixa; trocas gasosas; valor presente líquido.

## ABSTRACT

Studies on partial root drying (SPR) and deficit irrigation (DI) combined with soil mulch in sweet pepper, as well as studies on the economic viability of this combination, are scarce, therefore, the objective of this work was to evaluate the physiological, productive and economic effects of sweet pepper irrigated by partial drying of the root zone, deficit irrigation and full irrigation with and without soil cover. The study was carried out in the semi-arid region of Ceará, in the experimental years 2018 and 2019. The experimental design was in randomized blocks with split plots, with four replications. The primary treatment (plots) consisted of five irrigation strategies: Full irrigation (IP), 100% of ET<sub>c</sub>; deficit irrigation, ID40 and ID70, 40% and 70% of ET<sub>c</sub>, respectively; and partial drying of the root system SPR40 and SPR70, 40 and 70% of ET<sub>c</sub>, respectively. In the SPR40 and SPR70 treatments, water was provided on one side of the root system, while the other side of the root zone remained without water, the sides being alternated every seven days. In the IP, ID40 and ID70 treatments, water was provided only on one side of the root system with an emitter. Secondary treatments (subplots) consisted of two mulch levels (0 and 21 t ha<sup>-1</sup>). At 60 days after transplanting, evaluations of the physiological variables were carried out at both times, namely: net photosynthetic rate, stomatal conductance, leaf transpiration rate, internal CO<sub>2</sub> concentration, carboxylation efficiency, instantaneous water use efficiency and the photosynthetic pigments. Productive data, number of fruits, fruit fresh mass, crop productivity and irrigation water productivity were evaluated. Economic data were analyzed, net present value, internal rate of return and the recovery time of the “payback” capital. The results indicated that full irrigation promoted better productive, physiological and economic performance. However, in a situation of water scarcity, the use of SPR70 and ID70 and the use of bagana is a financially viable alternative, as it promotes greater water savings and this conjectures a positive result, as it offers a reduction in the cost of production, maintaining satisfactory results. physiological and productive factors of culture.

**Keywords:** water productivity; cash flow analysis; gas exchange; net present value.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura máxima (T <sub>máx</sub> ) e mínima (T <sub>min</sub> ) em °C, umidade relativa do ar (UR) em % e precipitação mm d-1 nos períodos experimentais realizados em 2018 e 2019.....	25
Figura 2 – Croqui da área experimental .....	28
Figura 3 – Chl a: Clorofila a 2018 (A) - 2019 (B); Chl b: Clorofila b 2018 (C) - 2019 (D); Car: Carotenoides 2018 (E) - 2019 (F) em folhas de pimenta de cheiro com diferentes tratamentos de irrigação.....	41
Figura 4 – Valor presente líquido (A e B), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado (PB) (C e D) para o cultivo com uso de cobertura do solo e sem uso de cobertura, em razão dos preços de venda e manejo da irrigação para a pimenta de cheiro.....	45
Figura 5 – Preço mínimo de venda para obtenção de taxa interna mínima de retorno de 7% em razão do cultivo com cobertura do solo e sem uso de cobertura e estratégias de irrigação da pimenta de cheiro.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos físicos do solo da área experimental.....	26
Tabela 2 – Atributos químicos do solo da área experimental.....	26
Tabela 3 – Atributos físicos e químicos da bagana de carnaúba.....	27
Tabela 4 – Trocas gasosas das plantas de pimenta de cheiro sob irrigação deficitária irrigação parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem bagana de carnaúba em 2018 e 2019.....	36
Tabela 5 – Rendimento das plantas de pimenta de cheiro sob irrigação deficitária irrigação parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem bagana de carnaúba em 2018 e 2019.....	39
Tabela 6 – Custos operacionais, receitas e margens líquidas, sob irrigação deficitária, secamento parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem cobertura morta em 2022.....	43
Tabela 7 – Valor presente líquido (VPL; R\$ ha <sup>-1</sup> ), taxa de retorno interna (TIR; %) e período de retorno (PB) sob irrigação deficitária, secamento parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem cobertura do solo.....	44

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1	A cultura do pimentão .....	12
2.2	Manejo da irrigação .....	13
2.1.1	<i>Irrigação plena</i> .....	13
2.1.2	<i>Irrigação deficitária</i> .....	14
2.1.3	<i>Irrigação por secamento parcial do sistema radicular</i> .....	16
2.3	Bagana como cobertura morta para aumentar a eficiência do uso da água.....	20
2.4	Análise de viabilidade econômica e financeira.....	22
2.4.1	<i>Valor Presente Líquido – VPL</i> .....	22
2.4.2	<i>Taxa interna de retorno - TIR</i> .....	23
2.4.3	<i>Análise de sensibilidade</i> .....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1	Local experimental e clima.....	25
3.2	Delineamento e tratamentos experimentais .....	27
3.3	Trocas gasosas .....	31
3.4	Rendimento e Produtividade da Água de Irrigação .....	31
3.5	Pigmentos fotossintéticos .....	31
3.6	Análise do fluxo de caixa descontado .....	32
3.7	Análise de Sensibilidade .....	34
3.8	Análise estatística .....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4.1	Trocas gasosas .....	35
4.2	Rendimento e Produtividade da água de irrigação.....	37
4.3	Pigmentos fotossintéticos .....	40
4.4	Fluxo de caixa descontado .....	42
4.5	Análise de sensibilidade .....	45
5	CONCLUSÃO .....	47
	REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A pimenta do gênero *Capsicum* é originária do continente americano (PERANTONI *et al.*, 2018), e está entre os vegetais mais importantes do mundo devido à sua alta versatilidade e ampla faixa de aplicação na indústria, culinária e decoração (HULSE-KEMP *et al.*, 2016; SILVAR; GARCÍA-GONZÁLEZ, 2017), pois desempenham um papel fundamental em atribuir pungência e sabor às cozinhas e podem ser utilizadas tanto na forma fresca quanto processada (RAMJATTAN *et al.*, 2021).

Segundo a FAO (2018), as pimentas picantes e doces (verdes) são cultivadas em uma área de 1,9 milhão de hectares, no mundo, com uma produção de 36,77 milhões de toneladas. Os maiores produtores são a China e a Índia, com mais de um milhão de hectares cultivados. No Brasil, a área plantada é cerca de cinco mil hectares (PELVINE, 2019).

No entanto, apesar da grande aplicabilidade desse vegetal, esta cultura é sensível ao déficit hídrico (RAPHAEL *et al.* 2018). De modo geral, o déficit hídrico pode resultar em impactos intensos sobre a composição e o desempenho dos ecossistemas agrícolas (BIEDERMAN *et al.*, 2016). Estudos anteriores relataram que a seca é um dos fatores climáticos mais importantes que limitam a produtividade agrícola (NOGUEIRA *et al.*, 2023).

Aproximadamente meio bilhão de pessoas no mundo convivem em condições severas de escassez hídrica por pelo menos um mês ao ano (ANDRADE *et al.*, 2020). E com a previsão do aumento da população mundial em 2100, devido ao aumento da demanda de água pela população humana, a escassez hídrica tornou-se uma preocupação mundial.

Sabe-se que o maior consumo de água do mundo é na agricultura, sendo esta responsável por 70% da captação global de água, enquanto a demanda de água para a indústria representa cerca de 20% e para uso humano, 10% (ANDRADE *et al.*, 2020).

Os agricultores irrigantes em áreas de escassez hídrica no Ceará, nordeste brasileiro, nos últimos anos tiveram que recorrer a fontes alternativas de água, tal como a proveniente de poços rasos e profundos e escolher entre reduzir a área irrigada ou utilizar irrigação deficitária e/ou investir em sistema de irrigação localizada (SILVA *et al.*, 2019).

Uma das técnicas alternativas de irrigação que podem economizar água e aumentar a eficiência do uso da água é a irrigação por déficit hídrico e o secamento parcial do sistema radicular (SPR) que é aplicada a algumas culturas se a quantidade de água for limitada (ADU *et al.*, 2018; DU *et al.*, 2017). O SPR envolve uma irrigação periódica da parte do sistema radicular, enquanto a outra parte é deixada em solo seco (ZIN EL-ABEDIN *et al.*, 2017).

A irrigação deficitária (ID) ou por déficit hídrico, consiste na técnica de aplicação de lâminas de água inferiores às necessidades hídricas das culturas, ou seja, produzir sob condição de déficit hídrico (ZHANG *et al.*, 2019).

Em estudos anteriores autores relataram que algumas culturas criam resistência à seca e consegue produtividades satisfatórias quando são expostas a déficit hídrico até um certo limite (YANG *et al.*, 2020). No entanto, estudos sobre secagem parcial da raiz (SPR) e irrigação deficitária (ID) combinado com a cobertura morta no solo em pimenta de cheiro, assim como estudos sobre a viabilidade econômica dessa combinação, são escassos.

Além dessas técnicas, a cobertura do solo é muito utilizada mundialmente e está entre as estratégias mais importantes para evitar a perda de água por evaporação e aumento do uso da água. Em comparação com o solo sem cobertura, a cobertura do solo apresenta vários benefícios para melhorar a performance ambiental dos sistemas de cultivo (LIU *et al.*, 2021), dentre estes destaca-se a melhoria da estrutura física do solo (GARCIA *et al.*, 2018), e a elevação da produtividade da cultura (NOVARA *et al.*, 2019).

Dentre as coberturas mortas, a bagana de carnaúba se apresenta como uma cobertura promissora (SILVA *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2020), sendo esta o principal subproduto da carnaubeira, em que muitos produtores rurais jogam fora, após a extração da cera. Para o pequeno produtor em região semiárida apresenta-se como uma ótima alternativa. A bagana de carnaúba aumentou a produtividade econômica da água em outras solanáceas, a exemplo do tomateiro (SILVA *et al.*, 2019).

Com o intuito de compreender o mecanismo potencial da produção agrícola em resposta à cobertura do solo e a técnica da irrigação por secagem parcial da zona radicular e estresse hídrico, é fundamental examinar não apenas as mudanças nos processos fisiológicos como fotossíntese foliar, transpiração, condutância estomática e pigmentos fotossintéticos, bem como, indicadores produtivos e econômicos da cultura.

O fluxo de caixa descontado (FCD) pode ser uma ferramenta adequada para os agricultores irrigantes avaliarem a viabilidade de implementar diferentes estratégias de irrigação (MAESTRE-VALERO *et al.*, 2016). Como indicadores econômicos é fundamental analisar o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, o tempo de recuperação do capital (payback simples ou descontado), para análises de horizonte por diversos períodos de tempo (SANTOS; CAMPOS, 2000).

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos fisiológicos, produtivos e econômicos da pimenta de cheiro irrigada por secagem parcial da zona radicular, irrigação por

déficit e irrigação plena com o solo coberto com bagana de carnaúba e solo sem cobertura no semiárido brasileiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da pimenta

A pimenta do gênero *Capsicum* é originária do continente americano (PERANTONI *et al.*, 2018), e está entre os vegetais mais importantes do mundo devido à sua alta versatilidade e ampla faixa de aplicação na indústria, culinária e decoração (HULSE-KEMP *et al.*, 2016; SILVAR; GARCÍA-GONZÁLEZ, 2017), este gênero compreende 32 espécies, dentre elas, cinco (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. frutescens* e *C. pubescens*) são domesticadas, e as demais são classificadas como semidomesticadas e silvestres (QIN *et al.*, 2014).

A pimenta é uma das hortaliças mais consumidas no mundo, contendo grande quantidade de minerais, além de vitaminas C e A. Além disso, este produto hortícola contém níveis consideráveis de outras substâncias com atividade antioxidante, incluindo carotenóides, flavonoides e outros polifenóis (PALMA *et al.*, 2020), pois desempenham um papel fundamental em atribuir pungência e sabor às cozinhas e podem ser utilizadas tanto na forma fresca quanto processada (RAMJATTAN *et al.*, 2021).

Existe uma grande variedade de pimentas, com forma, tamanho, espessura da polpa (pericarpo) cor final nas fases de maturação, diferentes umas das outras. Dependendo do teor de capsaicina, os frutos da pimenta são classificados como doces ou picantes em termos de suas propriedades alimentares e culinárias (FRATIANNI *et al.*, 2020).

Segundo a FAO (2018) as pimentas picantes e doces (verdes) são cultivadas em uma área de 1,9 milhão de hectares, no mundo, com uma produção de 36,77 milhões de toneladas. Os maiores produtores são a China e a Índia, com mais de um milhão de hectares cultivados. No Brasil, a área plantada é cerca de cinco mil hectares (PELVINE, 2019).

A pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) é uma hortaliça da família Solanaceae amplamente cultivada e consumida nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (ASSIS *et al.*, 2020), devido ao seu aroma e sabor agradável. Essa hortaliça está entre as espécies que compõe a fonte de renda de pequenos e médios produtores (PERALTA-CRUZ *et al.*, 2021). Embora alguns genótipos apresentem semelhança às demais pimentas com alta pungência, a pimenta-de-cheiro caracteriza-se por ser uma espécie de *Capsicum* com suave pungência, e significativo valor nutricional (DOMENICO *et al.*, 2012).

No cultivo de olerícolas, como, por exemplo, a pimenta, devido à sua suscetibilidade ao estresse hídrico, a irrigação é uma obrigação. Essa sensibilidade foi documentada em vários relatórios que estudaram as reduções de rendimento efetuadas pelo estresse hídrico (BARROCA *et al.*, 2015). Ainda de acordo com os mesmos autores, a irrigação localizada por gotejamento é a mais utilizada para esta cultura, em razão do menor consumo de água e aplicação localizada na zona radicular da planta, reduzindo doenças na parte aérea (BARROCA *et al.*, 2015).

Atualmente, devido sua importância econômica existe uma necessidade de aprimorar a produção de pimenta e desenvolver maneiras pelas quais os benefícios máximos podem ser obtidos com os limitados recursos hídricos disponíveis (ZOTARELLI *et al.*, 2011). É importante entender a resposta de culturas específicas ao estresse hídrico, porque as respostas fisiológicas das plantas a esse tipo de estresse variam de acordo com as espécies, tipo de solo, nutrientes e clima (AKINCI; LOSEL, 2012).

## **2.2 Manejo da irrigação**

### **2.2.1 Irrigação plena**

A agricultura irrigada constitui-se na principal atividade consumidora de água potável no mundo. Todavia, é importante destacar que o uso dessa tecnologia é fator preponderante para o atendimento da demanda mundial de alimentos e biocombustíveis, uma vez que os fatores ambientais e os efeitos das mudanças climáticas influenciam substancialmente a produção agrícola (ASSENG *et al.*, 2018; DAVARPANAH; AHMADI, 2021; DING *et al.*, 2021).

Nesse contexto, diversas técnicas de manejos da irrigação são empregadas, visando tanto economia de água e energia, como também a otimização dos índices de produção. Uma dessas técnicas refere-se à irrigação plena, ou irrigação sem déficit. Nessa técnica de manejo, o objetivo é atender totalmente a demanda hídrica da cultura, isto é, atender totalmente o déficit hídrico do cultivo, de modo a proporcionar a máxima produção por unidade de área, evitando, dessa forma, perdas de produtividade causadas por deficiência hídrica (FRIZZONE, 2007).

O manejo de irrigação empregado implica diferenças no desenvolvimento morfológico das culturas, especialmente no sistema radicular. Santos e Carlesso (1998) já destacavam que plantas cultivadas sob irrigação plena apresentam menos adaptações para se desenvolverem em condições de deficiência hídrica no solo que plantas cultivadas sob déficit

hídrico, cujo sistema radicular expandem-se até camadas mais profundas e úmidas do perfil do solo.

Diversos estudos tem sido conduzidos avaliando o desenvolvimento de culturas agrícolas sob irrigação plena em comparação à irrigação com déficit. Em síntese, observa-se que a irrigação plena proporciona os maiores níveis de produtividade. Em contrapartida, manejos da irrigação com déficit têm potencial de otimizar recursos (especialmente água e energia) e aumentar a eficiência do uso da água (CAPRA, *et al.*, 2008). Alguns trabalhos podem ser citados sob essa abordagem, como em Rocha *et al.* (2018), na cultura do pimentão, e em Santos *et al.* (2017), estudando a cultura da bananeira.

Na cultura da pimenta também se verificam muitos trabalhos nessa temática, visto que a irrigação é fator determinante para a sustentabilidade da produção dessa cultura. Lima *et al.* (2013) afirmam que a irrigação é fator chave para o sucesso da produção de pimentas, especialmente nas regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste do país. Nesse sentido, Barroca *et al.* (2013) analisaram o efeito de lâminas de irrigação sobre os componentes de produção da pimenta de cheiro, e verificaram nível ótimo de produção no manejo de irrigação com lâmina de 100% de reposição da Etc (irrigação plena). Zamljem *et al.* (2020) avaliaram a influência da irrigação sobre a produtividade de duas espécies do gênero *Capsicum* e observaram redução significativa dos níveis de produção em condições de déficit, em comparação à irrigação plena.

De uma forma geral, observa-se reduções nos níveis de produtividade de culturas quando submetidas a condições de estresse hídrico, em comparação à condições de irrigação plena. Todavia, a forma como esse déficit é implementado no manejo pode minorar esses efeitos e proporcionar uma relação custo benefício satisfatória, podendo reduzir custos, aumentar a eficiência do uso da água e ainda conduzindo a níveis de produtividade economicamente viáveis, conforme nos tópicos seguintes.

### ***2.2.2 Irrigação deficitária***

O manejo adequado da irrigação objetiva a obtenção de aumento de produtividade das culturas agrícolas, bem como o incremento de qualidade nos materiais vegetais produzidos. Silva *et al.* (2010) destacam que para promover um manejo de irrigação capaz de proporcionar os benefícios supracitados faz-se necessário conhecer alguns aspectos chaves, como a quantidade de água disponível para a operação do sistema de irrigação, a capacidade de armazenamento no solo e a necessidade hídrica das culturas no ambiente de cultivo.



Estratégias de manejo da irrigação que preconizam a redução do volume de água aplicado nos cultivos revestem-se de grande relevância no atual cenário global de mudanças climáticas, onde prever-se reduções significativas nos índices pluviométricos em diversas regiões do mundo, o que ocasionará uma provável redução dos níveis de produtividade das culturas agrícolas. Posto isso, novas técnicas de gerenciamento de cultivos, especialmente no que se refere ao manejo da irrigação, podem constituir-se em alternativa para minimizar tais efeitos, além da possibilidade de utilização de espécies melhoradas para aumentar a resistência ao déficit hídrico e outros estresses abióticos (DAVIES *et al.*, 2011).

Dentro dessa abordagem de economia de água, uma estratégia de irrigação que se adequa é a irrigação deficitária, ou irrigação com déficit hídrico controlado, que se apresenta como uma alternativa econômica, sob uma abordagem financeira, e sustentável, sob o aspecto ambiental.

Zhang *et al.* (2019) definem a irrigação deficitária, ou por hídrico, como uma estratégia de aplicação de água em quantidades inferiores às necessidades hídricas das culturas, ou seja, o cultivo é realizado em ambiente submetido a um déficit hídrico.

O emprego da técnica de irrigação deficitária pode proporcionar vantagens em diversos aspectos do cultivo, como o aumento da eficiência do uso da água e da produtividade da água (DAVIES *et al.*, 2011), e melhorias na qualidade de alguns produtos, incrementando a expressão de alguns atributos sensoriais e conseqüentemente, a percepção de valor por parte do consumidor final (CANO-LAMADRID *et al.*, 2015).

Além dos aspectos mencionados, a redução no volume de água aplicado aos cultivos por meio de estratégias de irrigação com déficit pode impactar substancialmente também no consumo de energia elétrica da propriedade, visto que ampla maioria dos sistemas de irrigação fazem uso de sistemas de bombeamento no projeto. Sob essa abordagem Gava *et al.* (2015) afirmaram que o emprego de estratégias de irrigação deficitárias pode reduzir tanto o consumo de água, como de energia sem elétrica, salientando ainda que essa economia pode ser obtida sem diminuição significativa dos níveis de produtividade das culturas, desde que manejadas adequadamente.

O emprego da irrigação com déficit hídrico tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos no âmbito do semiárido brasileiro, dentre estes, podem-se citar Sampaio *et al.* (2014) e Santos *et al.* (2016), estudando a cultura da lima ácida, Santos *et al.* (2014) e Cotrim *et al.* (2017) na cultura da mangueira e Santos *et al.* (2017) na cultura da bananeira.

Na cultura da pimenta, estratégias de irrigação com déficit também têm sido bastante documentada na literatura, em pesquisas realizadas em diferentes regiões do mundo,

conforme pode se verificar em Azevedo *et al.* (2005), González-Dugo *et al.* (2007), Guang-Cheng *et al.* (2010), Foday *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2013).

Alguns dos autores mencionados indicam redução da produção da pimenta em condições de restrições severas, contudo as informações nesse aspecto ainda são escassas no âmbito da região Nordeste, especialmente associadas a condições específicas como a utilização de cobertura do solo. Posto isso, revestem-se de grande importância que avaliem o efeito de estratégias de irrigação com déficit associadas a manejos que possam reduzir perdas de produção, otimizar o uso da água e elevar os rendimentos técnicos e financeiros.

### ***2.2.3 Irrigação por secamento parcial do sistema radicular***

O cenário de baixa disponibilidade de água doce é uma questão enfrentada em vários países do mundo, especialmente nos países onde a produção é dependente da irrigação, processo que utiliza cerca de 70% desse recurso (FAO, 2017). Nesse aspecto é importante destacar a segurança alimentar global só pode ser garantida, em grande parte, pela agricultura irrigada, manejo que possibilita obter rendimentos duas vezes maiores que os verificados em na produção de sequeiro (SEPASKHAH; AHMADI, 2010).

A irrigação deficitária consiste em uma técnica de manejo que proporciona economia de água, que vem sendo bastante difundida em várias partes do mundo nos últimos anos, especialmente em regiões onde ocorre maior limitação nos recursos hídricos disponíveis. Como abordado anteriormente, essa técnica conduz a uma maior produtividade e eficiência do uso da água, uma vez que a quantidade fornecida às plantas é menor que a necessidade total da cultura (ASREY *et al.*, 2018; SIDHU *et al.*, 2021).

A secagem parcial de raiz (SPR) apresenta-se como uma nova forma de manejo da irrigação com déficit hídrico controlado, e tem apresentado resultados de produtividade da água significativamente superiores em comparação aos verificados ao manejo convencional da irrigação, conforme observaram Ahmadi *et al.* (2010) na cultura da batata. Essa técnica também tem proporcionado aumento na eficiência do uso da água com manutenção dos níveis de produção (BEN NOUNA *et al.*, 2016). Além dos aspectos técnicos da produção, é importante destacar que esse manejo também apresenta vantagens no contexto ambiental pois possui potencial de reduzir a lixiviação de poluentes que podem contaminar águas subterrâneas (BARZEGARI *et al.*, 2017).

Conceitualmente, a SPR consiste na técnica de irrigação alternada no espaço e no tempo, condicionando assim, ciclos úmidos e secos na região radicular em diferentes seções,

usando linhas de irrigação duplas que podem ser acionadas separadamente, mantendo, dessa forma, o fornecimento hídrico à cultura e controlando seu crescimento vegetativo (KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003). O conceito descrito descreve a SPR do tipo alternada; adicionalmente, vale destacar que a SPR pode ser realizada no modo fixo, que consiste em irrigar metade do sistema radicular, mas de forma a manter a outra metade sem irrigação ao longo de toda estação de crescimento.

Os primeiros relatos da utilização do conceito de SPR constam em Grimes *et al.* (1968) em estudo sobre a irrigação por suco alternado em campos de algodão nos Estados Unidos. Mais tarde, Sepaskhah *et al.* (1976) utilizaram novamente a abordagem sobre SPR em estudos com a cultura do feijão, no Irã, empregando dois tipos de sistema de irrigação, irrigação por suco e irrigação por gotejamento subsuperficial. Aprofundando os estudos sobre essa estratégia de manejo da irrigação, Blackman e Davies (1985) e Zhang *et al.* (1987) testaram essa técnica em ambiente de laboratório, dividindo as raízes em dois compartimentos do solo e aplicando irrigação em apenas um compartimento. A partir de meados da década de 90 os pesquisadores John Possingham, na Austrália, realizaram os primeiros estudos sobre a utilização dessa técnica na cultura da videira (KRIEDEMANN; GOODWIN, 2003).

Desde os primeiros estudos mencionados no presente texto, como Grimes *et al.* (1968) e Sepaskhah *et al.* (1976), até pesquisas mais recentes (PÉREZ-PÉREZ *et al.*, 2018; COELHO *et al.*, 2019) a estratégia de manejo da irrigação SPR tem se mostrado capaz de reduzir a lâmina de irrigação aplicada nos cultivos sem impactar de forma significativa os níveis de produtividade obtidos, apesar de serem relatados alguns impactos no desenvolvimento vegetativo das plantas. Concordando com essa análise, Ahmad *et al.* (2010) afirma que a SPR possibilita mitigar a escassez de água, conservando a umidade do solo e minimizando perdas de água por transpiração, conduzindo assim a um aumento na eficiência do uso da água nas culturas e permitindo reduções mínimas, ou inexistentes, na produção.

Conforme o conceito apresentado, tem-se que a técnica de SPR consiste em alternar o lado do sistema radicular que será irrigado, isto é, enquanto uma parte do sistema radicular da planta é molhada, a outra parte fica submetida ao déficit hídrico. A teoria sugerida para a aplicação dessa técnica é que as raízes da parte que está a receber a irrigação conseguem manter um conteúdo de água que atendem a necessidade hídrica da planta, enquanto a outra parte submetida à condição de déficit hídrico produzem sinais químicos (ácido abscísico – ABA) que são transportados para as folhas por meio de fluxo transpirométrico. Esses sinais químicos provocam a diminuição da abertura estomática e reduzem o crescimento vegetativo, e aumentam, assim, a eficiência do uso da água (LIU *et al.*, 2007; EL-SADEK, 2014).

A frequência com que se realiza a alternância entre os lados úmidos e secos do sistema radicular da planta é geralmente determinado conforme a necessidade hídrica da cultura, levando-se em conta o estágio de crescimento e a capacidade de retenção de água do solo (CHAI *et al.*, 2016). Outros fatores devem ser levados em consideração para definir de forma adequada dessa alternância, como precipitação, temperatura e tipo de solo na área de cultivo (STIKIĆ *et al.*, 2003; SAEED *et al.*, 2008). A frequência de alternância do lado irrigado em manejos de irrigação sob SPR ainda é um tema controverso entre os pesquisadores da área, todavia, as frequências mais utilizadas são 7, 14 e 21 dias (COELHO *et al.*, 2019).

Morison *et al.* (2008) afirmaram que condições de elevada condutância estomática ( $g_s$ ) conduzem a uma saturação nos níveis de fotossíntese ( $A$ ), verificando uma relação não linear entre  $g_s$  e  $A$ . Posto isso, têm-se que um fechamento parcial dos estômatos em um cenário de  $g_s$  máxima ocasionará uma diminuição no processo transpiratório, reduzindo assim as perdas de água, e mantém a atividade fotossintética em níveis satisfatórios (KANG; ZHANG, 2004), conduzindo, dessa forma, a um incremento na eficiência do uso da água pela planta. Dessa forma, dependendo das condições hídricas atmosféricas e do solo, o manejo da irrigação por SPR podem reduzir de forma significativa a perda de água e, concomitantemente, manter a taxa fotossintética em níveis similares às plantas sob irrigação com reposição de 100% da evapotranspiração.

Diversos trabalhos constantes na literatura expõem resultados explicitando os efeitos do manejo da irrigação por secamento parcial de raiz sobre os parâmetros morfológicos e fisiológicos de culturas agrícolas. Esses efeitos têm sido relatados tanto em cultivos protegidos (LIMA *et al.*, 2015), como em cultivos em campo (CONSOLI *et al.*, 2017; PÉREZ-PÉREZ *et al.*, 2018; COELHO *et al.*, 2019). De um modo geral, os resultados obtidos em grande parte desses trabalhos apresentam alta variabilidade, variando de acordo com as espécies estudadas e com características específicas de cada experimento, como por exemplo, condições variadas de solo e manejo da cultura, além das condições climáticas. Outros estudos, como Dodd *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2010), verificaram que plantas submetidas ao manejo da irrigação por SPR apresentaram maior sinalização do ABA, além de apresentar maior crescimento do sistema radicular e acúmulo de nitrogênio, em comparação às plantas submetidas ao déficit hídrico com uma lâmina de irrigação constante.

Diversos trabalhos mostraram que as taxas fotossintéticas de cultivos agrícolas mantêm o mesmo padrão quando submetidas à SPR, em comparação à condições de irrigação plena, conforme pode-se observar em Campos *et al.* (2009), na cultura do tomateiro, Zegbe e Behboudian (2008), na cultura da macieira, Ahmadi *et al.* (2010b), na cultura da batata, Kang

*et al.* (2001), na cultura da pimenta, Du *et al.* (2010) em milho, e Du *et al.* (2008b) na cultura do algodoeiro. Em contrapartida, outros trabalhos apresentaram resultados opostos, isto é, expuseram uma redução das taxas fotossintéticas com a aplicação do manejo da irrigação sob SPR (SHAO *et al.*, 2010; YUAN *et al.*, 2013). Para Zegbe e Behboudian (2008), esses resultados contrastantes relacionam-se ao emprego de espécies diferentes entre os estudos e também estão ligados às variações de condições climáticas e outros fatores nos locais de condução dos estudos.

Em estudo com a cultura da lima ácida 'Tahiti', *Citrus latifolia*, Santos *et al.* (2016) investigaram o efeito do manejo da irrigação sob SPR sobre o desenvolvimento da cultura em Jaíba, Minas Gerais. Os pesquisadores observaram que a cultura da lima ácida mantém os níveis de produtividade quando irrigada alternadamente a cada sete dias e SPR de 50% da evapotranspiração da cultura, em comparação à irrigação plena (reposição de 100% da lâmina evapotranspirada).

Outros trabalhos relatam resultados positivos da SPR sobre o desenvolvimento de diversas culturas. Zegbe *et al.* (2011), por exemplo, ao estudarem os efeitos que a irrigação com SPR ocasiona na qualidade de frutos em Macieira 'Golden Delicious', tanto na colheita quanto na pós-colheita, e observaram que a utilização da SPR como manejo da irrigação não prejudicou a qualidade dos frutos da macieira na colheita e nem após o armazenamento a temperatura ambiente (13-18 °C e 51-56% de umidade relativa). É importante destacar a cerca desse estudo, a economia de água verificadas pelos autores ao longo do ciclo de cultivo da macieira, estimada em 3240 m<sup>3</sup> de água por hectare cultivado. Em outro estudo com a cultura da macieira, Zegbe e Behboudian (2008) constataram que a utilização da SPR não afetou negativamente o rendimento da cultura e a qualidade dos frutos, e ainda elevou a eficiência do uso da água em 120%.

Resultados positivos da SPR tem sido verificado também na cultura do mamoeiro. Lima *et al.* (2015) avaliaram a influência da irrigação com SPR sobre o crescimento do mamoeiro 'Grand Golden' no estado do Espírito Santo, em condições de campo e em cultivo protegido; os pesquisadores verificaram que, em campo, um déficit hídrico de 30% na irrigação com SPR não reduziu de forma significativa o crescimento da cultura e seus componentes de produção (pese médio (g) fruto<sup>-1</sup>, kg fruto ha<sup>-1</sup>, kg fruta planta<sup>-1</sup>). Na condição de cultivo de cultivo protegido, os autores verificaram que uma redução de 50% na lâmina de irrigação aplicada diminui a produção de matéria seca de parte aérea na cultura, além de reduzir também a massa seca de raiz. Ainda no estudo supracitado, os autores observaram que não ocorreu diferença estatística entre os métodos de irrigação testados para a eficiência instantânea do uso

da água (relação entre fotossíntese e transpiração), em condição de cultivo protegido, e também não se observou diferença significativa para a eficiência do uso da água no cultivo em condições de campo.

Alguns estudos também tem sido realizados investigando o potencial de uso da SPR em espécies do gênero *Capsicum*. Sob essa abordagem, Sezem *et al.* (2019) realizaram um estudo na região mediterrânea da Turquia com o objetivo de analisar o rendimento da pimenta vermelha (*Capsicum annuum* L.) a diferentes regimes de irrigação (irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID-75, ID-50), secagem parcial da zona radicular (SPR-A, SPR-F, A: alternado, F: fixo). Os autores verificaram maior rendimento no manejo sob SPR-A em relação à SPR-F; contudo inferiores ao tratamento com irrigação plena, ou plena. Em estudo avaliando o efeito do estresse hídrico sobre características morfológicas do pimentão, Cantore *et al.* (2005) verificaram diminuição das matérias frescas e secas da cultura quando submetidas à irrigação com SPR. Coelho *et al.* (2019) destaca, nesse sentido, que são relatados alguns impactos negativos do uso da SPR sobre o desenvolvimento vegetativo das plantas, mas que essa estratégia de manejo tem se mostrado capaz de reduzir o volume de água utilizado na agricultura sem comprometer os níveis de produtividade.

### **2.3 Uso de bagana como cobertura morta para aumentar a eficiência do uso da água**

A utilização de cobertura do solo constitui-se em uma prática empregada pela humanidade desde a antiguidade. Relatos indicam que a motivação para o início do emprego dessa técnica estava ligada a aspectos ambientais, isto é, a utilização de cobertura do solo inicialmente tinha o objetivo de mitigar impactos sobre o meio ambiente causados pelo cultivo excessivo do solo (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Uma das principais contribuições do uso de cobertura do solo é a possibilidade de alterar a dinâmica de perda de água. A capacidade do solo em armazenar água depende de alguns fatores específicos, como por exemplo, a textura, a estrutura e a matéria orgânica presente no mesmo. Na superfície do solo o armazenamento de água varia em uma dinâmica mais acentuada. Essa dinâmica ocorre em virtude da intensa evaporação que ocorre em camadas superficiais do solo e da atividade de raízes que ocupam a superfície do solo (GONZÁLEZ; ALVES, 2015).

A utilização da cobertura do solo revelou várias outras vantagens que, incorporadas aos sistemas produtivos tradicionais podem ocasionar inúmeros benefícios, às quais pode-se citar a proteção do solo contra processos erosivos, melhoria da fertilidade do solo, ciclagem de

nutrientes, aumento no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, na retenção de água, além de reduzir a ocorrência de plantas espontâneas e redução de variações térmicas nas camadas superficiais do solo (PLAZA-BONILLA *et al.*, 2015; AMOSSÉA *et al.*, 2013; ESPINOZA *et al.* 2012).

Meneses *et al.* (2016) destacam que os materiais mais comumente utilizados como cobertura morta são casca de arroz, capim, raspa de madeira, diversos filmes de polietileno e bagana de carnaúba.

Além das vantagens mencionadas anteriormente, é importante destacar a redução da evaporação ocasionada pela utilização de cobertura morta, processo que favorece o incremento na eficiência do uso da água (TEÓFILO *et al.*, 2012). Nesse sentido, Freitas *et al.* (2004) estudando o efeito da cobertura do solo sobre a evaporação da água do solo, verificaram que em solo sem cobertura, a evaporação foi três vezes maior em comparação ao solo sem cobertura.

A bagana de carnaúba constitui-se em um subproduto da extração de cera da palha dessa palmeira. Uma das principais características desse material refere-se à sua baixa e lenta decomposição, o que evidencia grande potencial de reaproveitamento como cobertura morta do solo (SILVA *et al.*, 2018). Um aspecto interessante a ser destacado é a presença de uma cobertura cerífera nesse resíduo que reflete a radiação solar, funcionando como agente protetor contra a radiação, suportando até 3000 horas de insolação por ano (JETTER; KUNST, 2008).

Diversos trabalhos que abordam a utilização de substratos orgânicos a base de bagana de carnaúba tem apresentado resultados promissores no que se refere a manutenção de uma maior umidade no solo. Em estudo avaliando a utilização de diferentes materiais como cobertura morta no cultivo de pimentão, Queiroga *et al.* (2002) verificaram que o diâmetro de frutos apresentou maior valor na condição com bagana de carnaúba como cobertura morta, devido a manutenção de maior umidade no solo e menor incidência de ervas daninhas, proporcionando, desta maneira, condições para um melhor desenvolvimento dos frutos. De acordo com Sousa *et al.*, (2017), o uso de bagana de carnaúba como cobertura do solo reflete parte da energia solar que sobre ela incide, como salientado anteriormente, reduzindo consideravelmente as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, proporcionando assim menor perda de umidade do solo, o que maximiza a eficiência do uso da água.

## 2.4 Análise de viabilidade econômica e financeira

### 2.4.1 Valor Presente Líquido – VPL

O valor presente líquido (VPL), que também é designado como valor atual líquido (VAL), pode ser compreendido como a diferença entre as receitas atualizadas e os custos, também atualizados. Em síntese, o VPL consiste em uma formulação matemático-financeira que possibilita a determinação do valor presente de pagamentos futuros devidamente descontados e uma taxa de juros apropriada, subtraindo-se também o custo do investimento inicial ((HOFFMAN *et al.*, 1992).

Abordando esse tema, Sousa (2003) afirmou que o conceito do valor presente líquido (VPL) é amplamente utilizado como subsídio nas tomadas de decisões, porque o VPL constitui-se em um indicador extremamente importante no processo de análise de projetos de investimento de capital. Nesse sentido, Gitman e Madura (2010) afirmaram que o VPL se refere a uma técnica sofisticada de análise de orçamento de capital que considera o valor do dinheiro ao longo do tempo. Esses pesquisadores destacam que, analisando sob o ponto de vista do VPL, um projeto será considerado viável e atrativo economicamente se o valor deste for maior do que zero ( $VPL > 0$ ), isto é, se o valor presente de todas as entradas de caixa subtraído o valor de todas as saídas de caixa for maior do que zero. Caso o VPL resulte em um valor igual a zero, teremos, dessa forma, um valor presente de entrada igual ao valor presente das saídas de caixa, o que tornará o investimento indiferente, sob o ponto de vista financeiro. Por fim, caso o valor presente das entradas seja menor do que o valor presente das saídas de caixa, teremos um VPL menor do que zero, significando que o investimento não possui atratividade econômica.

Em síntese, pode-se afirmar que o valor presente líquido estima o lucro, ou prejuízo líquido, de um projeto antes de sua implementação, obtendo como resposta o VPL do projeto em análise a partir da equação abaixo. Como supracitado, para o projeto em questão apresentar viabilidade econômica, o VPL precisa ser positivo (FERREIRA, 2000).

$$VPL(i_M) = -I + \sum_t^n = 0 \frac{R_t - C_t}{(1+i_M)^t} \quad (1)$$

onde:

VPL = valor presente líquido do projeto de investimento;

I = investimento ou capital aplicado;

R<sub>t</sub> (t = 0, 1, 2, ..., n) = receita ao final do período t;



$C_t$  ( $t = 1, 2, \dots, n$ ) = custo ou despesa ao final do período  $t$ ;

$n$  = vida útil do projeto;

$iM$  = taxa mínima de atratividade, ou seja, taxa de juros.

No contexto de análise de viabilidade econômica, Frizzone (1999) afirma que, independentemente do critério de avaliação adotado, deve-se sempre considerar que as seguintes dificuldades que resultam de diferenças nas características do projeto: volumes dos investimentos, horizontes diferentes, períodos de implantação e níveis de risco.

#### ***2.4.2 Taxa interna de retorno - TIR***

A taxa interna de retorno (TIR) constitui-se em um importante critério indicador na análise econômica de um projeto. Peres e Mattos (1990) utilizaram a TIR como indicador na avaliação de projetos. Outros autores como Takitane (1988) e Brunelli (1990), ambos trabalhando com simulação de custo de produção optaram pela utilização da taxa interna de retorno e a relação benefício/custo como critério de análise econômica em seus trabalhos.

Conforme Ferreira (2000), pode-se definir a taxa interna de retorno como a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa, isto é, refere-se a taxa de atualização do projeto que dá o valor presente líquido (VPL) nulo.

É importante destacar que se a TIR apresentar valor superior à taxa mínima de atratividade, significa que o investimento é economicamente atrativo, se os valores forem iguais, o investimento está economicamente numa situação de indiferença, mas se for menor o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno.

#### ***2.4.3 Análise de sensibilidade***

A análise de sensibilidade tem como objetivo o emprego de valores diversos para uma variável, seja ela o preço, o volume de vendas, a taxa de atratividade, dentre outras relacionadas à avaliação de um projeto, sendo esses valores empregados, utilizados como as entradas de caixa, para avaliar o seu impacto sobre o retorno de um ativo, que pode ser medido pelo VPL e outros indicadores técnicos (GITMAN, 2007).

Em outras palavras, a análise de sensibilidade avalia o impacto da alteração de uma variável nos resultados do projeto, sendo a forma mais simples de análise de risco

(RABECHINI JUNIOR, 2012). Karanovic *et al.* (2010) que a análise de sensibilidade se constitui na técnica ideal para avaliar os fatores de maior impacto no VPL, definindo-a como um método quantitativo que permite observar o efeito da mudança de cada variável independente na variável dependente. Em termos práticos, a análise de sensibilidade deve ser realizada considerando-se as variáveis que apresentam ou proporcionam maior impacto nos resultados do projeto avaliado, como efeito em custos, prazos ou outros aspectos, isto é, aquelas às quais o projeto é mais sensível.

A importância da análise de sensibilidade reside no fato de essa ferramenta possibilitar uma visão mais realista do projeto, expondo os intervalos de valores que as variáveis podem assumir sem comprometer a viabilidade econômica do projeto ou da atividade, evidenciando a importância relativa de cada parâmetro. É importante destacar nesse contexto, que a análise de sensibilidade não considera a probabilidade de ocorrência de cada valor dentro do intervalo, e, em linhas gerais, cada parâmetro é considerado de forma isolada, fato que limita a avaliação global das possibilidades e visualização das relações de interdependência. Dessa forma, é uma técnica indicada para projetos simples, com poucas alternativas de implementação e poucos fatores de risco não-relacionados.

Partindo da premissa de uma taxa de juro variável, pode-se analisar o risco associado à variabilidade do custo de capital por meio de uma análise de sensibilidade do valor do VPL, em função da receita e dos custos.

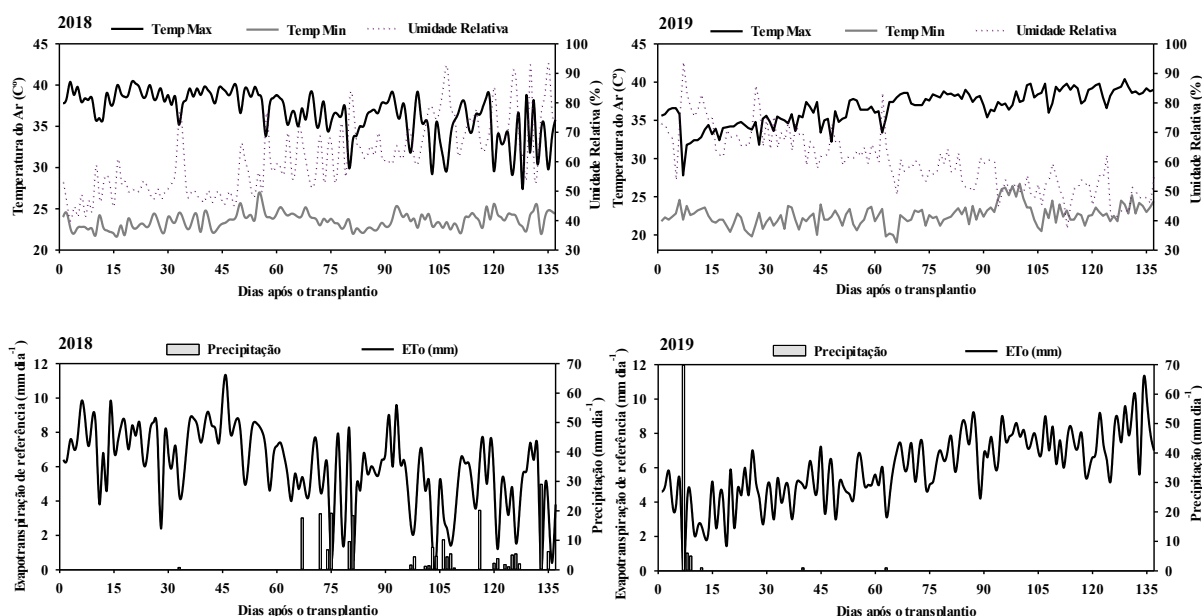
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local experimental e clima

O experimento de campo foi realizado durante as safras de 2018 e 2019 na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), localizada no município de Pentecoste – CE, latitude  $3^{\circ}48'36.42''\text{S}$  e  $39^{\circ}19'32.50''\text{O}$ , altitude 34 m acima do nível do mar, Ceará, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen (1931), o clima é BSw'h '(quente e semiárido, com chuvas irregulares, distribuídas de fevereiro a maio).

A variação diária das variáveis climáticas durante o período do estudo são mostradas na Fig. 1. Durante o período do estudo em 2018, a temperatura máxima diária do ar variou entre  $40,4$  e  $27,4$  ° C, o que foi semelhante ao registrado na estação de 2019. A evapotranspiração de referência (ETo) máxima de  $11,2$  mm.  $\text{d}^{-1}$  durante a temporada de 2018, com um valor médio de  $6,1$  mm.  $\text{d}^{-1}$ ; e máxima de  $10,9$  mm.  $\text{d}^{-1}$  na temporada de 2019, com um valor médio de  $6,0$  mm  $\text{d}^{-1}$ . A precipitação acumulada foi  $209,0$  e  $84,4$  mm, durante o experimento de 2018 e 2019, respectivamente.

**Figura 1** - Temperatura máxima (T<sub>máx</sub>) e mínima (T<sub>mín</sub>) em °C, umidade relativa do ar (UR) em % e precipitação mm  $\text{d}^{-1}$  nos períodos experimentais realizados em 2018 e 2019.



Fonte: Elaborada pelo autor

A textura do solo até 0,20 m de profundidade foi classificada como franco arenosa (SCHAAP, 2003). Os atributos físicos (Tabela 1) e químicos do solo (Tabela 2) foram determinados no Laboratório de Solos/Água da UFC por meio de amostras coletadas na área

experimental. Conforme Cavalcanti *et al.* (2008) os atributos físicos e químicos apresentam-se adequados para o cultivo de espécies do gênero *Capsicum*, como a pimenta de cheiro.

**Tabela 1** - Atributos físicos do solo da área experimental.

<b>Atributos físicos</b>	<b>Profundidade (0- 0,2m)</b>
Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	60
Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	671
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	142
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	137
Argila Natural (g kg <sup>-1</sup> )	101
Classificação Textural	Franco-arenosa
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,30

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2018).

**Tabela 2** - Atributos químicos do solo da área experimental.

<b>Atributos químicos</b>	<b>Profundidade (0 - 0,2m)</b>
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5,30
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,20
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,12
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,60
Hidrogênio + Alumínio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,16
Alumínio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,15
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	9,2
CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	10,4
Saturação por base (%)	88
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	11,27
Fósforo Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	69
pH em água (1:2,5)	6,9
CE (dS.m <sup>-1</sup> )	0,26

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2018).

A água utilizada para a irrigação em ambos os anos era proveniente do Rio Curu, classificada como C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, tendo apresentado, em média, as seguintes características de qualidade: pH: 6,80; CE: 0,75 dS m<sup>-1</sup>; RAS: 1,60; Ca<sup>2+</sup>: 2,0 mmolc L<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 2,60 mmolc L<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup>: 3,4 mmolc L<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> 0,2 mmolc L<sup>-1</sup>; Cl<sup>-</sup> 7,8 mmolc L<sup>-1</sup> (RICHARDS, 2012). De acordo com Ayers e Westcot (1991) a água utilizada na irrigação do experimento não apresenta riscos de causar problemas relacionados à infiltração no solo devido à sodicidade da água.

### 3.2 Delineamento e tratamentos experimentais

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O tratamento primário (parcelas) constituiu-se de cinco estratégias de irrigação: Irrigação plena (IP), 100% da ETc; irrigação com déficit, ID40 e ID70, 40% e 70% da ETc, respectivamente; e secamento parcial do sistema radicular SPR40 e SPR70, 40 e 70% da ETc, respectivamente. Nos tratamentos SPR40 e SPR70 a água foi fornecida em um lado do sistema radicular, enquanto que o outro lado permaneceu sem água, sendo os lados alternados a cada sete dias. Nos tratamentos IP, ID40 e ID70 a água foi fornecida apenas de um lado do sistema radicular com um emissor. Os tratamentos nas subparcelas consistiram em dois níveis de cobertura morta (0 e 21 t. ha<sup>-1</sup>). A cobertura morta utilizada foi bagana de carnaúba cortada em pedaços (1 a 4 cm de comprimento), aplicada um dia após o transplântio da cultura (DAT).

Os atributos físicos e químicos da bagana de carnaúba (Tabela 3) foram determinados no Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas-LABRAS.

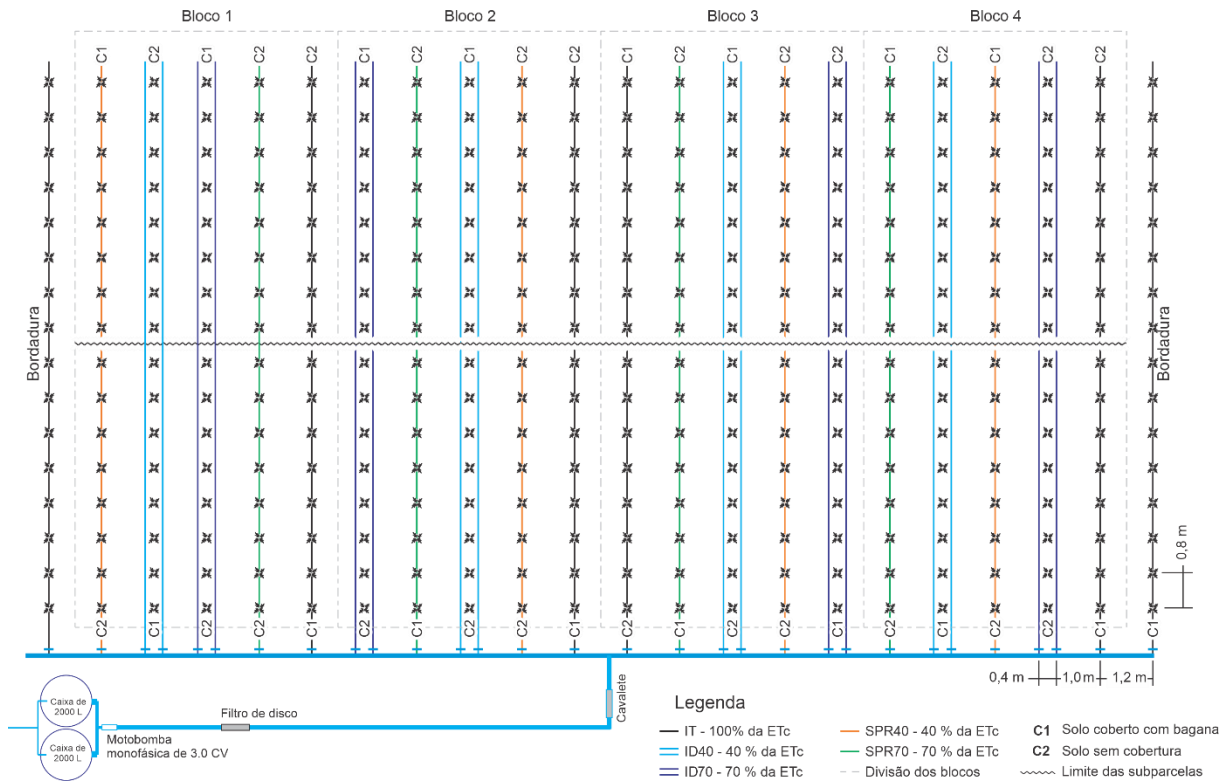
**Tabela 3** - Atributos físicos e químicos da bagana de carnaúba.

Análises	Unid.	Base seca - 110°C	Umid. natural
pH CaCL <sub>2</sub> 0,01M (Ref. 1:2,5)	pH	----	4,53
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	----	0,19
Umidade Perdida à 60-65°C	%	----	8,66
Umidade Perdida entre 65 e 110°C	%	----	2,36
Umidade Total	%	----	11,02
Materiais Inertes	%	----	0,00
Nitrogênio Total	%	2,52	2,24
Mat. Orgânica Total (Combustão)	%	76,34	67,93
Mat. Orgânica Compostável (Titulação)	%	72,44	64,46
Mat. Orgânica Resistente à Compostagem	%	3,90	3,47
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	42,41	37,74
Carbono Orgânico	%	40,24	35,81
Resíduo Mineral Total	%	24,23	21,56
Resíduo Mineral Insolúvel	%	19,67	17,50
Resíduo Mineral Solúvel	%	4,56	4,06
Relação C/N (C Total e N Total)	----	17/1	17/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	----	16/1	16/1
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total)	%	0,28	0,25
Potássio (K <sub>2</sub> O Total)	%	0,32	0,28
Cálcio (Ca Total)	%	0,72	0,64
Magnésio (Mg Total)	%	0,30	0,27
Enxofre (S Total)	%	0,37	0,33
CTC (Capacidade Troca de Cátion)	Cmol/kg	ns	ns

Fonte: Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas-LABRAS (2022).

A parcela compõe de área com 15,36 m<sup>2</sup> (1,2 m x 12,8 m) e a subparcela com área de 7,68 m<sup>2</sup> (1,2 m x 6,4m) composta por oito plantas, sendo consideradas úteis as seis plantas centrais. O espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre plantas e 1,2 m entre linhas (Figura 1).

**Figura 2** - Croqui da área experimental.



Fonte: Elaborada pelo autor

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com linhas laterais de 16 mm de diâmetro, com emissores autocompensantes e taxa de descarga de 3,0 L h<sup>-1</sup>, espaçados em intervalo de 0,80 m, pressão de serviço de 20 mca e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) do sistema de irrigação de 94 %.

Nas parcelas de tratamentos IP, ID40, ID70 foi colocada uma linha lateral disposta a 0,20 m de distância do caule da planta. Nas parcelas de tratamento de SPR40 e SPR70, duas linhas laterais de gotejamento foram dispostas a 0,20 m de distância da linha da planta.

A unidade de controle do sistema consistia de uma bomba de 3 cv, filtros de tela e manômetros no qual o sistema operava a uma pressão de serviço de 20 mca. A água da irrigação foi bombeada do rio e transportada por tubos de 75 mm de diâmetro para um reservatório de 4,0 m<sup>3</sup>.

A precipitação pluvial foi monitorada por um pluviômetro instalado na área de cultivo. A aplicação de água à cultura foi realizada uma vez ao dia, cujo controle foi realizado por meio do tanque Classe A.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi determinada pelo produto da evaporação medida no tanque (ECA) e o coeficiente do tanque (Kt). O valor da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida pelo produto do valor da ET<sub>o</sub> e coeficiente da cultura (Kc) da pimenta para as fases inicial, vegetativa, floração, frutificação e maturação, cujos valores de referência foram de 0,96; 1,13; 1,29; 1,24; respectivamente (DOORENBOS; KASSAN, 1994). Por se tratar de um sistema de irrigação por gotejamento a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi corrigida em relação à percentagem de área molhada ou sombreada para evapotranspiração da cultura localizada (ET<sub>cloc</sub>) e o tempo de irrigação foi obtido em relação ao espaçamento dos emissores e linhas laterais, além da eficiência do sistema e vazão dos emissores (Bernardo *et al.*, 2019) de acordo com a equação 1.

Para o cálculo da porcentagem de área sombreada foi utilizada a equação PAS,

$$PAS = \frac{AS}{AT}$$

Em que:

PAS – porcentagem da área sombreada, em (%);

AS – área sombreada pela planta, em m<sup>2</sup>;

AT – área total da planta, em m<sup>2</sup>;

A evapotranspiração da cultura localizada foi dada pela equação 2, Bernardo *et al.*, (2019),

$$ET_{cloc} = ET_c \cdot 0,1 \cdot \sqrt{PAS}$$

Em que:

ET<sub>c</sub> – evapotranspiração potencial da cultura, em mm.dia<sup>-1</sup>;

ET<sub>cloc</sub> – evapotranspiração cultura localizada, em mm.dia<sup>-1</sup>;

O tempo de aplicação de água foi determinado pela equação 3.

$$Ti = \frac{ET_{cloc} \times Se \times Sf \times FL \times 60}{NEP \times Ea \times qa}$$

Em que;

Ti – tempo de irrigação, em minutos;

Se – espaçamento entre emissores, em m;

Sf – espaçamento entre linhas laterais, em m;

FL – Porcentagem da lâmina definida pelo tratamento, adimensional;

NEP – número de emissores por planta;

Ea – Eficiência de aplicação, adimensional; e

qa – vazão média de cada gotejador, L h<sup>-1</sup>.

Nos primeiros 15 dias após o transplântio todos os tratamentos receberam a mesma irrigação, com 100% da  $ET_{cl_{oc}}$  diária, de modo a garantir o desenvolvimento uniforme das plantas. Após a definição dos tratamentos, as irrigações foram realizadas diariamente de acordo com a  $ET_{cl_{oc}}$  do dia anterior e ajustada ao respectivo tratamento.

Os volumes acumulados de água aplicadas por tratamento, durante o desenvolvimento da cultura e que correspondem às taxas de reposição de DI40, SPR40, DI70, SPR70 e IT foram, respectivamente, 2272; 2272; 3950, 3950 e 5628 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> em 2018 e 2367; 2367; 4123; 4123 e 5628 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> em 2019.

As mudas de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) foram produzidas em bandejas de polietileno de 162 células, preenchidas com substrato contendo 90% de húmus e 10% de vermiculita. O transplântio foi realizado aos 50 dias após a sementeira, no dia 05 de outubro de 2018 (primeiro ano) e 06 de junho de 2019 (segundo ano).

A adubação de fundação consistiu na aplicação de 20 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico; 1125 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (62% de K<sub>2</sub>O); 620 kg ha<sup>-1</sup> de MAP (48% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Adubação de cobertura foi composta por 111 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% de N); 444 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio (9% Mg); 5 kg ha<sup>-1</sup> de micronutriente e 1 litro de adubação foliar; dividido em quatro aplicações. Além disso, para o controle fitossanitário, durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas três aplicações de inseticida.

O ciclo da cultura, do transplântio até a colheita final foi de 137 dias. A colheita iniciou 54 e 56 dias após o transplântio, em 2018 e 2019, respectivamente.



### 3.3 Trocas gasosas

Os aspectos fisiológicos das pimenteiras foram avaliados aos 60 DAT, com auxílio do analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo portátil LI6400XT, LI-COR, Biosciences In. Lincon, Nebraska (USA), nos dois anos experimentais. Os seguintes dados foram coletados: a) Taxa fotossintética líquida ( $A$  -  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); b) Condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); c) Taxa de transpiração foliar ( $E$  -  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e d) Concentração interna de  $\text{CO}_2$  (ppm), e) Eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) e) Eficiência instantânea no Uso da Água ( $A/E$ ).

### 3.4 Rendimento e Produtividade da Água de Irrigação

A colheita dos frutos foi realizada até 137 após o transplântio (DAT) nos dois períodos experimentais. Foram avaliadas as seguintes variáveis agronômicas: número de frutos por planta (NF); massa fresca de frutos por planta (MF, medido em  $\text{g planta}^{-1}$ ), massa fresca de frutos (MF, medido em  $\text{g fruto}^{-1}$ ), e produtividade (PROD, medido em  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

A produtividade da água de irrigação (PA) foi calculada para cada tratamento como a razão entre o rendimento anual ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a água aplicada ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) durante o mesmo período (PEREIRA *et al.*, 2009).

### 3.5 Pigmentos fotossintéticos

Os teores das clorofilas 'a', 'b' e carotenóides foram determinados pelo método de Wellburn (1994). Para essa etapa foram retirados três discos medindo 1,0 cm de diâmetro da terceira folha totalmente expandida na planta aos 60 DAT, nos dois anos experimentais. Após, foram alocados em tubos de ensaio cobertos com papel alumínio contendo 2 mL de solução de dimetilsulfóxido (DMSO) saturada com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Nesta solução, os discos permaneceram durante toda a análise. Na sequência, as amostras foram incubadas a  $65^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Ao atingir a temperatura ambiente, os discos foram retirados e o extrato contendo os pigmentos foram utilizados para a determinação das absorvâncias em espectrofotômetro. Os teores de clorofila 'a' (Ca), clorofila 'b' (Cb) e carotenoides foram calculados com base nas seguintes equações:  $\text{Ca} = (12,47 \times \text{Ax}) - (3,62 \times \text{Ay})$ ;  $\text{Cb} = (25,06 \times \text{Ay}) - (6,5 \times \text{Ax})$ ;  $\text{Ct} = (7,15 \times \text{Ax}) + (18,71 \times \text{Ay})$ ; Carotenoides =  $(1000 \times \text{Az} - 1,29 \times \text{Ca} - 53,78 \times \text{Cb}) / 220$ , em que A representa a absorvância em um respectivo comprimento de onda. Após a leitura, os discos

foram lavados para retirada do excesso de DMSO e, em seguida, levados a estufa a 65°C para a obtenção do peso seco. O resultado final foi expresso em mg g<sup>-1</sup> de massa seca.

### 3.6 Análise do fluxo de caixa descontado

Foi realizada a análise do fluxo de caixa descontado (FCD), que é um método de tomada de decisão em relação a benefícios e custos esperados (IFAC, 2008; MAESTRE-VALERO *et al.*, 2016), para avaliar as entradas e saídas das cinco estratégias de irrigação com e sem o uso de cobertura morta neste estudo.

Admitiu-se que o investimento e os custos variáveis neste estudo são fornecidos com recursos próprios dos agricultores, portanto, não há financiamento bancário. Para a comparação financeira dos tratamentos de irrigação foi identificado os custos do investimento e todos os fluxos de caixa durante a vida útil do projeto, tendo sido estabelecido o horizonte temporal para avaliação e fixada a taxa de desconto, esta reflete o valor do dinheiro no tempo. Essas informações foram usadas para determinar a taxa interna de retorno (TIR, %), o valor presente líquido (VPL, R\$ ha<sup>-1</sup>) e o *payback*, período de retorno descontado (PB, anos).

O VPL agrega todas as entradas (E) e saídas (S) fornecidas em um determinado período de tempo, geralmente medido em anos (t), aplicado a uma taxa de desconto (j), menos os custos de investimento (I).

$$VPL = - I + \sum_{t=0}^t \left( \frac{E_t - S_t}{(1+j)^t} \right)$$

Onde E<sub>t</sub> - S<sub>t</sub> denota os fluxos de caixa esperados no período avaliado, *i* é o retorno mínimo esperado do investimento ou o custo de capital para o investimento. Neste FCD, o *i* considerado para esta pesquisa foi equivalente a 7,0% ao ano. Esse valor representa taxa média de financiamento que os produtores podem obter no país.

A TIR é a taxa de desconto que iguala, as entradas de caixa descontado com as saídas de caixa descontado do investimento. A TIR reflete a qualidade de um investimento, de modo que, quando a TIR for maior que o retorno exigido, o projeto é economicamente viável. O período do PB refere-se ao período de tempo necessário para que o valor do presente do fluxo de caixa descontado se iguale ao investimento inicial.

As saídas diferenciam entre investimentos e custos operacionais. Os custos de investimento referem-se ao valor do investimento inicial que permite o início da atividade, enquanto os custos operacionais correspondem ao fluxo de caixa necessário para manter a

atividade em funcionamento. Neste estudo, o investimento inicial compreende os ativos necessários para estabelecer o cultivo de pimenta em uma área agrícola de 1,0 hectare.

Os custos de investimento para a técnica de irrigação por secamento parcial do sistema radicular foram estimados em R\$ 33.739,96, dos quais R\$ 23.364,96 correspondem ao sistema de irrigação, R\$ 3.375,00 a construção da casa de bomba e R\$ 7.000,00 para construção do reservatório com capacidade para armazenar 50.000 m<sup>3</sup> de água.

Para a técnica de irrigação deficitária e plena os custos de investimentos para cultivo de 1,0 ha foram os mesmos para construção do reservatório e casa de bomba e R\$ 15.130,28 para aquisição do sistema de irrigação.

Os custos operacionais incluem todas as despesas associadas ao processo produtivo foram estimados pela média das safras 2018 e 2019. Esses custos compreendem aspectos associados ao uso de matérias-primas (energia, fertilizantes, mudas, defensivos, bagana de carnaúba nos tratamentos como cobertura morta), mão de obra, máquinas e manutenção. Os preços unitários dos custos operacionais foram considerados constantes durante a vida útil do projeto, e atualizados para o ano de 2022.

Entre os custos operacionais, alguns permanecem constantes entre tratamentos, enquanto outros dependem dos tratamentos. Este último pode ser agrupado em duas categorias: (a) aquelas diretamente relacionadas ao tratamento de irrigação (isto é, consumo de água e energia, cobertura morta e mão de obra para aplicação da bagana) e (b) aqueles indiretamente ao tratamento de irrigação, pelo seu impacto no desempenho agrônômico das pimentas (ou seja, mão de obra relacionada às atividades de colheita e capina).

Os tratamentos fitossanitários, aração, gradagem, plantio e replantio, aplicação de fertilizante, arrendamento da terra e manutenção do investimento foram considerados constantes entre as estratégias de irrigação, uma vez que não foram observadas diferenças no tempo de operação entre os tratamentos.

O custo da irrigação foi calculado levando em consideração o custo de transporte da fonte até o ponto de suprimento e o custo de energia para os agricultores pressurizarem o sistema de irrigação. A tarifa de água cobrada foi de R\$ 90,00 para 1000 m<sup>3</sup>, o custo da eletricidade foi estimado R\$ 0,14 por m<sup>3</sup>, conforme sugere Frizzone *et al.* (2006).

A receita total foi calculada como o produto entre a média da produção da safra 2018 e 2019 e a média de preços de vendas (R\$ 3,00 kg pimenta de cheiro) entre de 2021 e dezembro de 2022, publicados oficialmente na Central de Abastecimento do Estado Ceará (CEASA, 2022).

### **3.7 Análise de Sensibilidade**

A variação no preço do quilograma do fruto da pimenta de cheiro pode comprometer a viabilidade econômica da atividade, o que justifica a análise de sensibilidade dos sistemas de produção abordado neste estudo, e permitirá identificar possíveis impactos no FCD e, conseqüentemente, na lucratividade. Com este objetivo, o preço de venda do kg do fruto da pimenta de cheiro variou entre R\$2,10 e R\$ 6,10, mantendo as demais variáveis constantes.

Os fluxos de caixa anuais estimados durante o período do estudo foram normalizados para o ano de referência (2022) usando os valores médios derivados durante o período experimental e taxa de desconto de 7%.

### **3.8 Análise estatística**

Foram avaliados, para todas as variáveis, as pressuposições de normalidade, e homogeneidade. A análise de variância para cada uma das variáveis estudadas em cada ciclo foi analisada pelo teste F. Quando identificada significância das variáveis, aplicou-se o teste de Scott-Knott ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ), utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011), sendo os gráficos confeccionados pelo sigma plot (Version 11.0).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Trocas gasosas

A tabela 4 mostra os valores das trocas gasosas das plantas de pimenta cultivadas em solo com e sem bagana de carnaúba em resposta aos diferentes tratamentos de irrigação em 2018 e 2019. Em 2018, não houve diferença estatística na taxa fotossintética  $p=0,55$ , concentração interna de  $CO_2$   $p=0,20$ , transpiração  $p=0,38$ , eficiência instantânea de carboxilação  $p=0,71$  e Eficiência intrínseca no uso da água  $p=0,12$ , entre as irrigações aplicadas. As irrigações aplicadas apresentaram respostas distintas nas trocas gasosas na cultura de pimenta de cheiro. A maior taxa fotossintética foi obtida quando as plantas estavam sob irrigação plena, no entanto não houve diferença das irrigações ID70 e SPR70, em 2019,  $p=0,01$ . A condutância estomática alcançou as maiores taxas quando submetidas às irrigações SPR70 e IT, em 2018  $p=0,002$  e em 2019  $p=0,01$ . O ID e SPR pode afetar as plantas nos níveis morfológico, fisiológico, bioquímico e molecular (SEPASKHAH; AHMADE, 2010).

Os resultados da taxa fotossintética e condutância estomática observados refletem o efeito positivo da utilização da cobertura do solo com bagana de carnaúba, pois o uso da cobertura beneficiou a conservação da umidade no solo, o que favorece a manutenção da abertura estomática (TAIZ *et al.*, 2017).

De modo geral, comportamento semelhante à condutância estomática (gs) e fotossíntese (A) foi observado para transpiração (E) que confirma a suposição de que o solo coberto com a bagana foi mais eficiente na manutenção da umidade e da utilização mais eficiente da água, já que as plantas obtiveram menores taxa de transpiração quando estavam cultivadas com bagana de carnaúba.

As plantas geralmente minimizam a perda de água das folhas através da diminuição da taxa de transpiração foliar (CORREIA *et al.*, 2018), que é uma das estratégias adaptadas mais importantes para as culturas (JEZEK; BLATT, 2017; ZOULIAS *et al.*, 2018).

**Tabela 4** - Trocas gasosas das plantas de pimenta de cheiro sob irrigação deficitária, irrigação parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem bagana de carnaúba em 2018 e 2019.

Tratamento	$A(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$	$gs(\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$	$Ci(\mu\text{mol mol}^{-1})$	$E(\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1})$	$A/Ci$	$EUAi$
<b>2018</b>						
ID40	23,98 ( $\pm 1,42$ ) a	0,29 ( $\pm 0,02$ ) b	222,80 ( $\pm 14,47$ ) a	13,07 ( $\pm 0,60$ ) a	0,10 ( $\pm 0,012$ ) a	1,84 ( $\pm 0,12$ ) a
SPR40	23,32 ( $\pm 0,85$ ) a	0,29 ( $\pm 0,04$ ) b	223,68 ( $\pm 15,77$ ) a	11,80 ( $\pm 1,42$ ) a	0,10 ( $\pm 0,009$ ) a	2,05 ( $\pm 0,18$ ) a
ID70	24,01 ( $\pm 1,01$ ) a	0,32 ( $\pm 0,01$ ) b	229,91 ( $\pm 6,57$ ) a	13,57 ( $\pm 1,07$ ) a	0,10 ( $\pm 0,007$ ) a	1,78 ( $\pm 0,12$ ) a
SPR70	25,15 ( $\pm 0,97$ ) a	0,34 ( $\pm 0,02$ ) a	235,63 ( $\pm 14,50$ ) a	13,66 ( $\pm 1,67$ ) a	0,11 ( $\pm 0,01$ ) a	1,90 ( $\pm 0,18$ ) a
IT	24,90 ( $\pm 1,26$ ) a	0,38 ( $\pm 0,03$ ) a	248,77 ( $\pm 10,58$ ) a	13,76 ( $\pm 1,36$ ) a	0,10 ( $\pm 0,007$ ) a	1,84 ( $\pm 0,13$ ) a
<i>p</i> valor	=0,55	=0,01	=0,20	=0,38	=0,71	=0,12
<i>F</i> valor	0,79	4,79	1,75	1,14	0,53	2,23
Com Bagana	25,52 ( $\pm 1,26$ ) a	0,35 ( $\pm 0,03$ ) a	233,33 ( $\pm 13,30$ ) a	12,45 ( $\pm 1,47$ ) b	0,11 ( $\pm 0,01$ ) a	1,88 ( $\pm 0,14$ ) a
Sem Bagana	23,03 ( $\pm 0,94$ ) b	0,30 ( $\pm 0,03$ ) b	230,99 ( $\pm 11,46$ ) a	13,89 ( $\pm 0,98$ ) a	0,11 ( $\pm 0,008$ ) a	1,88 ( $\pm 0,14$ ) a
<i>p</i> valor	=0,002	=0,004	=0,65	=0,008	=0,02	=0,94
<i>F</i> valor	32,14	10,86	0,21	9,11	5,80	0,003
<b>2019</b>						
ID40	12,27 ( $\pm 0,92$ ) b	0,15 ( $\pm 0,02$ ) b	215,06 ( $\pm 3,50$ ) a	2,35 ( $\pm 0,14$ ) b	0,05 ( $\pm 0,004$ ) a	5,03 ( $\pm 0,12$ ) a
SPR40	11,77 ( $\pm 1,07$ ) b	0,18 ( $\pm 0,005$ ) b	216,65 ( $\pm 6,52$ ) a	2,35 ( $\pm 0,23$ ) b	0,05 ( $\pm 0,006$ ) a	5,03 ( $\pm 0,18$ ) a
ID70	13,48 ( $\pm 0,87$ ) a	0,20 ( $\pm 0,03$ ) b	228,81 ( $\pm 15,49$ ) a	2,43 ( $\pm 0,17$ ) b	0,06 ( $\pm 0,006$ ) a	5,63 ( $\pm 0,11$ ) a
SPR70	14,31 ( $\pm 0,66$ ) a	0,25 ( $\pm 0,02$ ) a	235,12 ( $\pm 9,37$ ) a	3,21 ( $\pm 0,29$ ) a	0,06 ( $\pm 0,004$ ) a	4,57 ( $\pm 0,18$ ) a
IT	15,15 ( $\pm 0,50$ ) a	0,29 ( $\pm 0,03$ ) a	237,16 ( $\pm 6,72$ ) a	3,13 ( $\pm 0,35$ ) a	0,06 ( $\pm 0,003$ ) a	5,09 ( $\pm 0,13$ ) a
<i>p</i> valor	=0,01	=0,001	=0,34	=0,01	=0,12	=0,20
<i>F</i> valor	5,17	9,17	1,24	4,56	2,26	1,75
Com Bagana	13,41 ( $\pm 0,72$ ) a	0,22 ( $\pm 0,01$ ) a	228,93 ( $\pm 6,49$ ) a	2,69 ( $\pm 0,19$ ) a	0,05 ( $\pm 0,004$ ) a	4,98 ( $\pm 0,14$ ) a
Sem Bagana	13,39 ( $\pm 0,88$ ) a	0,21 ( $\pm 0,01$ ) a	224,19 ( $\pm 10,15$ ) a	2,72 ( $\pm 0,29$ ) a	0,06 ( $\pm 0,005$ ) a	4,92 ( $\pm 0,15$ ) a
<i>p</i> valor	0,97	0,56	=0,42	=0,86	=0,65	=0,94
<i>F</i> valor	0,001	0,35	0,67	0,02	0,20	0,006

*A*: Taxa fotossintética; *gs*: Condutância estomática; *Ci*: Concentração interna de CO<sub>2</sub>; *E*: Taxa de transpiração; *A/Ci*: Taxa de carboxilação; *EUAi*: Uso eficiente da água instantâneo. DI40: Déficit de Irrigação a 40% da ETc; PDR40: Irrigação parcial da raiz a 40% da ETc; DI70: Déficit de Irrigação a 70% da ETc; PDR70: Irrigação parcial da raiz a 70% da ETc; IT: Irrigação plena, 100% da ETc; nos períodos experimentais de 2018 e 2019. Dados representam as médias +/- erro padrão das médias (n = 4). Os valores médios seguidos pela mesma letra em cada fator não são significativamente diferentes ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Scott knott.

A alta eficiência intrínseca do uso da água nos tratamentos com bagana de carnaúba pode ser causada por umedecer o solo por mais tempo, reduzir a evaporação e reduzir a transpiração.

Quanto à concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e a eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ), as plantas de pimenta de cheiro cultivados com bagana apresentaram comportamento similar aos demais caracteres fisiológicos. Quanto maior foi a abertura estomática, maior tendeu a ser a entrada de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática. Esse maior teor de  $\text{CO}_2$  permitiu o aumento da taxa fotossintética. Por outro lado, o que pode ter reduzido a concentração de gás carbônico nas plantas em que o solo estava sem cobertura já que a assimilação ficou comprometida com a redução das taxas fotossintéticas.

A água é um reagente crítico para os processos fisiológicos (LIN et al., 2017), não obstante, o déficit hídrico geralmente resulta em um declínio na fotossíntese com diminuição do potencial hídrico foliar que é facilmente alterado pela condutância estomática (ZHANG *et al.*, 2020).

#### **4.2 Rendimento e Produtividade da água de irrigação**

De acordo com os resultados obtidos pode-se verificar que não houve interação das irrigações com os sistemas de cultivo utilizados, sendo assim, ambos os fatores foram analisados isoladamente, sendo observados diferentes comportamentos no que se refere os dados produtivos da pimenta de cheiro sob os tratamentos (Tabela 5).

De forma geral, a cobertura com bagana de carnaúba exerceu um papel relevante no desempenho da pimenta. As plantas com cobertura foram as que apresentaram o maior número de frutos, massa fresca de frutos por planta (valor  $\text{g planta}^{-1}$ ) e produção por área em 2018 e 2019. Para a variável massa fresca dos frutos (valor  $\text{g fruto}^{-1}$ ), não houve diferença quanto aos tratamentos aplicados à cultura.

As irrigações utilizadas apresentaram respostas distintas no desenvolvimento da pimenta de cheiro. Todas as variáveis, com exceção da massa fresca dos frutos, em 2018, e em 2019, foram significativos  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ .

As irrigações resultaram em rendimentos da pimenta de cheiro significativamente diferentes em ambas as épocas de cultivo (Tabela 2). O tratamento IT resultou em maior produtividade ( $22.096,24 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $19.790,53 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em 2018 e 2019, respectivamente, no entanto, apesar dessa irrigação ter obtido maior produtividade, não houve diferença estatística significativa das irrigações ID70 e PDR70. Comportamento semelhante ocorreu com o número

de frutos e a massa dos frutos por planta. Pesquisadores realizaram uma meta-análise com estudos primários publicados entre janeiro de 1990 a dezembro de 2016 que relataram comparações de rendimento de culturas utilizando irrigação plena (FI), déficit regulado ou déficit convencional (DI) e irrigação por secagem parcial da zona radicular (PRDI), as meta-análises dos dados mostraram que, em geral, os rendimentos das culturas sob DI e PRDI não foram significativamente diferentes (ADU *et al.*, 2018).

Tais resultados indicam que essas plantas sendo irrigadas com 30% a menos da lâmina de irrigação plena não apresentaram indícios de estresse por seca. Além disso, os resultados mostram que as estratégias alternativas de manejo da irrigação podem economizar uma quantidade substancial de água e manter o rendimento na produção de pimenta de cheiro.

Autores relatam que as plantas sob o tratamento SPR atendem à demanda de água, captando mais água das partes mais úmidas da zona radicular, compensando assim a menor disponibilidade de água na parte mais seca da raiz (ZEGBE *et al.*, 2004). Em contraste foi observado redução na massa fresca e seca do pimentão em experimento com SPR (CANTORE *et al.*, 2005). De forma similar outros autores relataram uma diminuição no número de frutos por planta e massa total de frutos frescos (DORJI *et al.*, 2005). As meta-análises dos dados incluídos mostram que, em geral, os rendimentos das culturas sob DI e PRDI não são significativamente diferentes

Os efeitos do rendimento dos frutos da pimenta e o volume de água aplicado baseado na ETc refletiram na produtividade da água de irrigação (PAir), observa-se que as plantas cultivadas com bagana de carnaúba aumentaram substancialmente a PAir, nas duas épocas experimentais, em valores percentuais de 26,05% (6,29 kg m<sup>-2</sup>) em 2018 e 26,17 % (4,82 kg m<sup>-3</sup>) em 2019, comparado ao solo sem cobertura Cabe destacar que o PA em 2018 foi maior do que em 2019, o que pode ser atribuído a um maior rendimento e menor ETc para os diferentes tratamentos.

A irrigação SPR40 mostrou maior PA (7,40 kg m<sup>-3</sup>) em 2018 comparado aos tratamentos aplicados. Em 2019, não foi significativamente diferente entre as irrigações ID40, SPR40, ID70 e SPR70, apresentando menor produtividade da água quando aplicado a irrigação plena (Tabela 2).

Vários autores trabalhando com o SPR aplicado a diversas culturas, evidenciaram a redução do uso de água, mantendo um maior rendimento e aumentando a eficiência do uso da água (STOLL *et al.*, 2000) em tomate (ZEGBE *et al.*, 2004) e batata (SAEED *et al.*, 2008).



**Tabela 5** - Rendimento das plantas de pimenta de cheiro sob irrigação deficitária, irrigação parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem bagana de carnaúba em 2018 e 2019.

Tratamento	NF	MF (g. planta <sup>-1</sup> )	MF (g. fruto <sup>-1</sup> )	PROD (kg. ha <sup>-1</sup> )	PA (kg m <sup>-3</sup> )
<b>2018</b>					
ID40	196,47 (± 14,25) b	1376,39 (± 127,90) c	7,08 (± 0,62) a	14.336,51 (± 1332,26) c	6,31 (± 0,59) b
SPR40	222,65 (± 7,69) b	1615,50 (± 75,42) b	7,27 (± 0,44) a	16.827,04 (± 785,58) b	7,40 (± 0,35) a
ID70	258,78 (± 11,05) a	1993,10 (± 68,60) a	7,66 (± 0,15) a	20.759,93 (± 714,37) a	5,25 (± 0,18) b
SPR70	254,06 (± 15,82) a	2023,63 (± 64,60) a	8,03 (± 0,44) a	21.077,20 (± 672,45) a	5,33 (± 0,17) b
IT	266,07 (± 18,60) a	2121,41 (± 117,93) a	8,03 (± 0,43) a	22.096,24 (± 1228,26) a	3,92 (± 0,22) c
<i>p</i> valor	<0,001	<0,001	=0,09	<0,001	<0,001
<i>F</i> valor	11,18	22,47	2,57	22,47	33,38
Com Bagana	256,33 (± 7,32) a	2012,84 (± 73,67) a	7,82 (± 0,37) a	20.965,17 (± 767,02) a	6,29 (± 0,25) a
Sem Bagana	222,88 (± 19,65) b	1639,17 (± 108,12) b	7,40 (± 0,46) a	17.073,60 (± 1126,14) b	4,99 (± 0,35) b
<i>p</i> valor	=0,007	<0,001	=0,11	<0,001	<0,001
<i>F</i> valor	9,57	33,05	2,78	33,04	28,65
<b>2019</b>					
ID40	181,40 (± 13,63) b	1010,39 (± 77,55) b	5,57 (± 0,25) b	10.524,30 (± 0,34) b	4,44 (± 0,16) a
SPR40	201,01 (± 10,82) b	1122,98 (± 64,44) b	5,59 (± 0,39) b	11.697,03 (± 0,28) b	4,94 (± 0,39) a
ID70	279,82 (± 20,28) a	1722,89 (± 95,16) a	6,23 (± 0,36) a	17.945,63 (± 0,24) a	4,35 (± 0,36) a
SPR70	289,52 (± 11,69) a	1795,26 (± 92,87) a	6,17 (± 0,23) a	18.699,45 (± 0,23) a	4,53 (± 0,27) a
IT	285,27 (± 33,54) a	1900,01 (± 150,10) a	6,78 (± 0,46) a	19.790,53 (± 0,27) a	3,36 (± 0,21) b
<i>p</i> valor	<0,001	<0,001	=0,02	<0,001	<0,001
<i>F</i> valor	21,95	47,51	4,34	47,51	10,72
Com Bagana	271,37 (± 18,30) a	1673,23 (± 94,03) a	6,14 (± 0,34) a	17.428,37 (± 0,25) a	4,82 (± 0,23) a
Sem Bagana	223,44 (± 17,68) b	1347,39 (± 98,00) b	5,99 (± 0,34) a	14.034,41 (± 0,30) b	3,82 (± 0,32) b
<i>p</i> valor	=0,001	<0,001	=0,49	<0,001	<0,001
<i>F</i> valor	14,84	22,25	0,50	22,25	28,62

NF: número de frutos por planta; MF: massa dos frutos; PROD: Produtividade; PA: Produtividade da água. ID40: Irrigação deficitária a 40% da ETc; SPR40: Secamento parcial da raiz a 40% da ETc; ID70: Irrigação deficitária a 70% da ETc; SPR70 Secamento parcial da raiz a 70% da ETc; IT: Irrigação plena, 100% da ETc; nos períodos experimentais de 2018 e 2019. Dados representam as médias +/- erro padrão das médias (n = 4). Os valores médios seguidos pela mesma letra em cada fator não são significativamente diferentes (p <0,001, p <0,01, p <0,05) de acordo com o teste de Scott knott.

### 4.3 Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos foram afetados pelas irrigações e cobertura do solo aplicados à pimenta de cheiro, em 2019. De acordo com os resultados (Figura 1B), com a bagana de carnaúba o teor de clorofila “a” obteve o mesmo comportamento entre as irrigações. Já no solo sem bagana, a clorofila apresentou maior teor quando foi aplicado as irrigações ID70, SPR70 e IT. No entanto, em 2018, o teor de clorofila “a” não foi afetado pelas irrigações e cobertura do solo aplicados a pimenta de cheiro.

Desempenho semelhante ocorreu com a clorofila “b” (Figura 1D), não observando diferença quando as plantas foram irrigadas com os diferentes regimes hídricos e cobertura do solo, no entanto no solo sem cobertura, maior teor desse pigmento foi adquirido com a irrigação IT. No entanto, em 2018, o teor de clorofila “b” não foi afetado pelas irrigações e cobertura do solo aplicados a pimenta de cheiro. Comportamento similar ocorreram com os carotenoides (Figura 1E e F), não apresentaram diferença.

Os resultados mostram que a bagana de carnaúba possibilitou atenuar o possível estresse causado pelas irrigações com regime hídrico inferior a irrigação plena.

A clorofila é uma biomolécula fundamental para os processos vitais da planta, que absorve e transfere a energia da luz durante a fotossíntese (ASGHARI; ZAHEDIPOUR, 2016). Estudos anteriores relatam, que o nível de menor clorofila observado nos tratamentos de estresse hídrico pode ser devido à degradação da clorofila, produzindo enzimas proteolíticas, como clorofilase e alterações na membrana celular (SAMPATHKUMAR *et al.*, 2014).

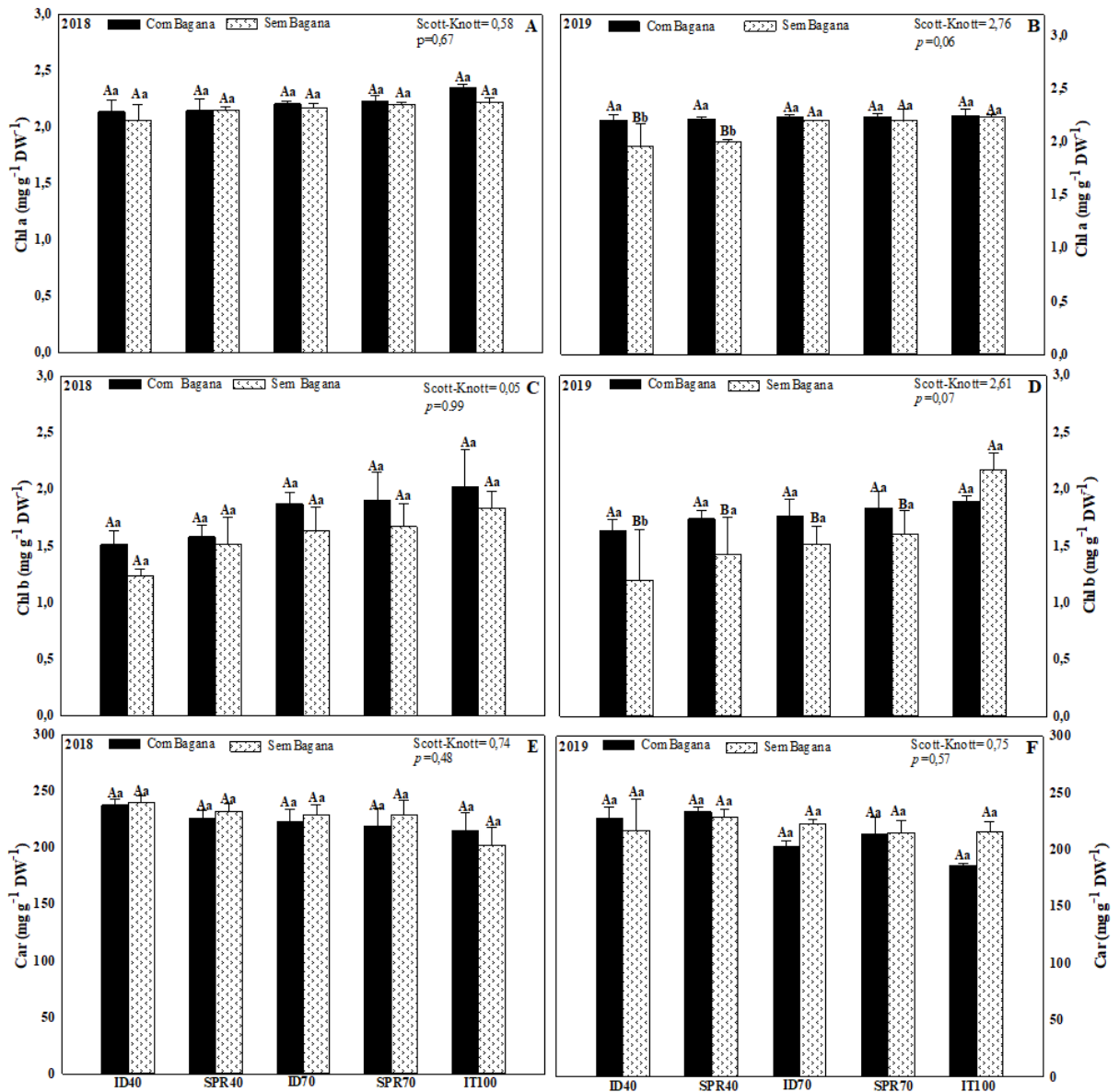
Teores de pigmentos fotossintéticos reduzidos com estresse hídrico podem ser devido à limitação das trocas gasosas e à redução da área foliar e conseqüentemente à diminuição dos pigmentos fotossintéticos, denominado de limitação estomática ou devido possíveis danos no aparato fotossintético ou ao dano oxidativo dos lipídios e proteínas dos cloroplastos, denominado limitações não estomáticas (MIBEI *et al.*, 2017).

Os carotenóides apresentaram resposta inversa, maiores teores foram obtidos, de modo geral, quando as plantas estavam sob os tratamentos de estresse. No entanto, não foram encontradas diferenças estatísticas, em 2018 e 2019.

O sistema de defesa antioxidante da planta através dos carotenóides, desempenham um papel protetor no centro de reação fotossintética contra a foto-oxidação (ASGHARI; ZAHEDIPOUR, 2016). Os tratamentos ID70 e SPR70 provavelmente impediram a redução da taxa fotossintética através da manutenção de carotenoides e menor redução do teor de clorofila.

Relacionando-se os caracteres fisiológicos com a produtividade obtida, pode-se notar uma relação direta entre eles, sendo a maior produtividade obtida para aqueles tratamentos que apresentaram as maiores taxas fotossintéticas, condutâncias estomáticas e clorofila *a* e *b*.

**Figura 3** - Chl *a*: Clorofila *a* 2018 (A) - 2019 (B); Chl *b*: Clorofila *b* 2018 (C) - 2019 (D); Car: Carotenoides 2018 (E) - 2019 (F) em folhas de pimenta de cheiro com diferentes tratamentos de irrigação.



Fonte: Elaborada pelo autor

Letras maiúsculas comparam as diferentes irrigações dentro da mesma condição de cultivo, com e sem bagana de carnaúba. Letras minúsculas comparam os dois sistemas de cultivo dentro da mesma irrigação. Os valores médios seguidos pela mesma letra em cada fator não são significativamente diferentes ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Scott Knott. Erro padrão das médias ( $n = 4$ ).

#### 4.4 Fluxo de caixa descontado

Os custos totais para produção da pimenta variaram de R\$ 37.537,26 a R\$ 41.377,88 ha<sup>-1</sup> nos tratamentos de irrigação com uso de cobertura do solo, representando um aumento de 14 a 16% nos custos, quando comparados aos tratamentos de irrigação sem cobertura do solo (Tabela 6).

O item mão de obra representou entre 36 a 41% dos custos totais, no entanto, com a utilização da cobertura do solo, os custos com mão de obra variaram entre 29 a 35%. Isso ocorreu porque a utilização de cobertura morta no cultivo de hortaliças reduz consideravelmente a mão de obra empregada no controle de plantas espontâneas (SOUZA; RESENDE, 2006).

O uso da cobertura do solo aumentou a produtividade da pimenta de cheiro, conseqüentemente, reduziu o custo de produção por quilograma. O custo calculado foi de R\$ 2,58, R\$ 2,36, R\$ 1,88 e R\$ 1,80 kg<sup>-1</sup>, para os tratamentos de irrigação ID40, SPR40, SPR70 e IT, respectivamente, o que implica em redução de 18%, 13%, 6%, 6% em comparação aos mesmos tratamentos sem o uso de cobertura do solo.

**Tabela 6** - Custos operacionais, receitas e margens líquidas, sob irrigação deficitária, secamento parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem cobertura morta em 2022.

Variável	Uso de cobertura do solo					Sem cobertura do solo				
	DI40	SPR 40	DI 70	SPR70	IT 100	DI40	SPR 40	DI 70	SPR70	IT 100
CUSTOS DE INSUMOS (R\$ ha <sup>-1</sup> )	24.382,10	24.382,10	24.622,34	24.622,34	24.862,72	18.712,10	18.712,10	18.952,34	18.952,34	19.192,72
Fertilizantes químico	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00	10.377,00
Fertilizante orgânico	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00
Produtos fitossanitários	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Cobertura morta	5.670,00	5.670,00	5.670,00	5.670,00	5.670,00					
Mudas	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30	4.010,30
Energia	324,80	324,80	565,04	565,04	805,42	324,80	324,80	565,04	565,04	805,42
CUSTOS DE MÃO DE OBRA (R\$ ha <sup>-1</sup> )	11.040,00	11.700,00	13.320,00	13.920,00	14.400,00	11.640,00	12.300,00	13.920,00	14.520,00	15.000,00
Plantio e replantio	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Adubação de cobertura	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00
Tratamento fitossanitário	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00
Aplicação de cobertura morta	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00					
Irrigação	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Capina	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Transporte interno em geral	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Colheita	5.820,00	6.480,00	8.100,00	8.700,00	9.180,00	5.820,00	6.480,00	8.100,00	8.700,00	9.180,00
CUSTOS DE MÁQUINAS (R\$ ha <sup>-1</sup> )	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
Aração	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Gradagem	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
CUSTOS VARIÁVEIS (R\$ ha <sup>-1</sup> )	36.172,10	36.832,10	38.692,34	39.292,34	40.012,72	31.102,10	31.762,10	33.622,34	34.222,34	34.942,72
Manutenção de investimento	765,16	1.012,20	765,16	1.012,20	765,16	765,16	1.012,20	765,16	1.012,20	765,16
Arrendamento de terrenos	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
CUSTOS FIXOS (R\$ ha <sup>-1</sup> )	1.365,16	1.612,20	1.365,16	1.612,20	1.365,16	1.365,16	1.612,20	1.365,16	1.612,20	1.365,16
CUSTOS TOTAL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	37.537,26	38.444,30	40.057,50	40.904,54	41.377,88	32.467,26	33.374,30	34.987,50	35.834,54	36.307,88
RECEITAS (R\$ ha <sup>-1</sup> )	43.722,00	48.813,00	61.161,00	65.313,00	68.946,00	30.861,00	36.759,00	54.957,00	54.018,00	56.715,00
PONTO DE EQUILÍBRIO (R\$ kg <sup>-1</sup> )	2,58	2,36	1,96	1,88	1,80	3,16	2,72	1,91	1,99	1,92

ID40: Irrigação deficitária a 40% da ETc; SPR40: Secamento parcial da raiz a 40% da ETc; ID70: Irrigação deficitária a 70% da ETc; SPR70 Secamento parcial da raiz a 70% da ETc; IT: Irrigação plena, 100% da ETc

Os indicadores de rentabilidade, Valor presente líquido (VPL, R\$ ha<sup>-1</sup>), taxa interna de retorno (TIR, %) e período de retorno (anos) derivados dos tratamentos avaliados, no período simulado de cinco anos, resultante do FCD são mostrados na Tabela 7.

**Tabela 7** - Valor presente líquido (VPL; R\$ ha<sup>-1</sup>), taxa de retorno interna (TIR; %) e período de retorno (PB) sob irrigação deficitária, secamento parcial da raiz e irrigação plena em solo com e sem cobertura do solo.

Indicador	ID40	SPR40	ID70	SPR70	IT
<b>Com Bagana</b>					
VPL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	-146,62	8.773,76	61.023,24	66.339,55	87.529,46
TIR (%)	6,79	16,27	78,13	66,73	105,11
PB (anos)	-	3,83	1,31	1,51	0,99
<b>Sem Bagana</b>					
VPL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	-32.091,26	-19.862,02	56.373,62	40.815,82	58.167,95
TIR (%)	-	-	73,28	45,68	75,16
PB (anos)	-	-	1,39	2,06	1,36

ID40: Irrigação deficitária a 40% da ETc; SPR40: Secamento parcial da raiz a 40% da ETc; ID70: Irrigação deficitária a 70% da ETc; SPR70 Secamento parcial da raiz a 70% da ETc; IT: Irrigação plena, 100% da ETc

Os resultados da simulação para o período de cinco anos indicaram que a irrigação IT com uso de cobertura do solo seria a estratégia mais lucrativa (VPL: R\$ 87.529,46 ha<sup>-1</sup>, TIR: 105,11% e PB de 0,99 ano), enquanto o menos rentável seria o tratamento SPR40 (VPL de R\$ 8.773,76 ha<sup>-1</sup>, TIR 16,27% e PB de 3,83 ano) (tabela 4). A irrigação ID40 e SPR40 sem uso de cobertura do solo e ID40 com uso de cobertura do solo, são inviáveis, por apresentarem VPL negativo e TIR inferior a Taxa Mínima de Atrativa, respectivamente.

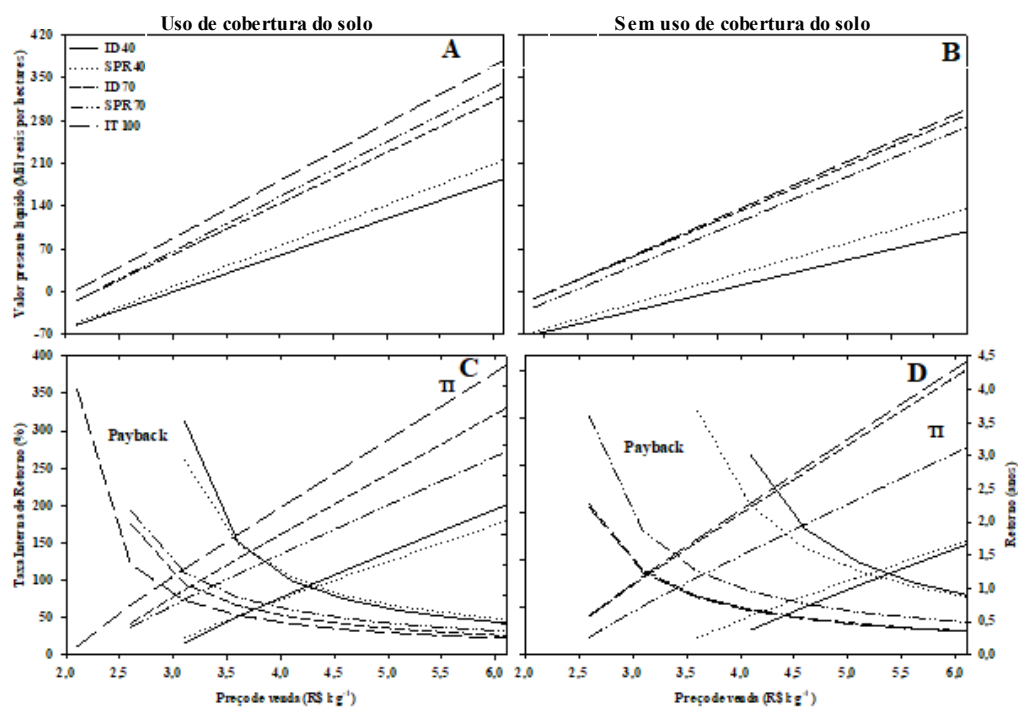
Esses resultados indicam que, considerando: a) o cultivo anual da pimenta de cheiro no período de cinco anos, (b) preço fixo de venda de R\$ 3,00 por kg do fruto, c) caso não exista uma limitação da disponibilidade de água para irrigação. O agricultor deve praticar a irrigação completa com IT com uso de cobertura do solo para obter a máxima rentabilidade. Caso haja alguma limitação de recursos hídricos para irrigação, o agricultor pode optar pelas estratégias ID70 e SPR70 com uso de bagana ou ID70 sem uso de bagana, economizando até 30% de água, mas assumindo uma redução na rentabilidade da cultura (30,28, 24,20 e 35,60 % para ID70 e SPR70 com uso de cobertura do solo e ID70 sem uso de cobertura do solo em comparação ao tratamento IT com cobertura do solo, respectivamente). É importante notar que, em todos os casos, os valores de TIR são muito mais altos do que outras possíveis alternativas financeiras, tornando a atividade muito rentável.

#### 4.5 Análise de sensibilidade

No cultivo com uso de cobertura do solo, o VPL se tornou negativo com a irrigação ID70 e SPR70 quando o preço da pimenta foi R\$ 2,10 kg<sup>-1</sup>, e para irrigação ID40 e SPR40 quando o preço foi R\$ 2,1 a R\$ 2,60 kg<sup>-1</sup>. No cultivo sem o uso de cobertura do solo, o VPL se tornou negativo com a irrigação ID70, SPR70 e IT no preço R\$ 2,10 kg<sup>-1</sup>, no ID40 quando o preço foi de R\$ 2,1 a R\$ 3,60 e no SPR40 no preço de R\$ 2,10 a R\$ 3,10.

A irrigação ID70, SPR70 e IT com uso de cobertura do solo teve valores superiores, com VPLs máximos de R\$ 320.154,00, R\$ 343.062,00 e R\$ 379.644,00 ha<sup>-1</sup> e TIR de 320, 343 e 379 %, respectivamente, (Figuras 4A e 4C), considerando um período de cinco anos. Os VPLs para o manejo de irrigação sem cobertura do solo foram menores ou semelhante ao VPL na condição de irrigação com uso de cobertura do solo (Figuras 4b e 4c), exigindo preço de venda mais alto para obter VPL igual a zero, e mais tempo para o retorno investimento, além disso, resultou na redução do VPL para todos os manejos. Exemplificando, tendo em conta um preço de venda de R\$ 3,60 por kg, o cultivo sem cobertura do solo reduziu o VPL de R119.898 para R\$ 85.112,00 no SPR70, enquanto no IT a redução foi de R\$ 144.067,00 para R\$ 104.676,00 (Figuras 4A e 4B).

**Figura 4** - Valor presente líquido (A e B), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado (PB) (C e D) para o cultivo com uso de cobertura do solo e sem uso de cobertura, em razão dos preços de venda e manejo da irrigação para a pimenta de cheiro.

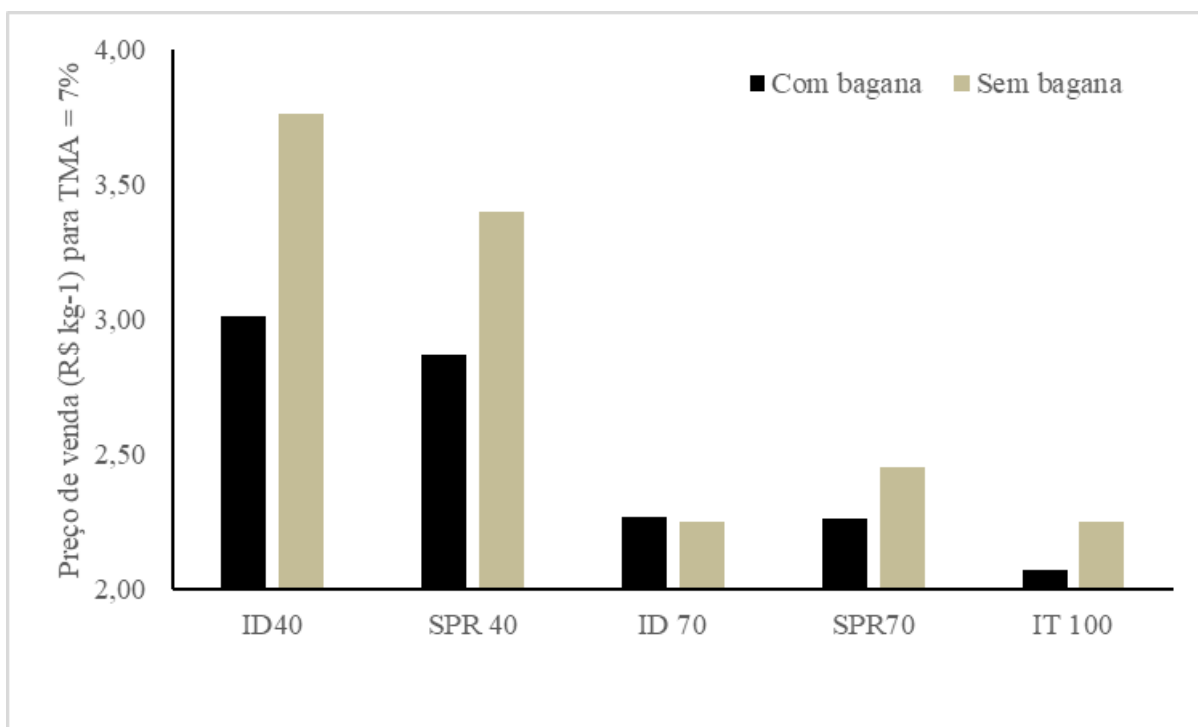


Fonte: Elaborada pelo autor

Os resultados da simulação durante a vida útil do investimento indicam que o IT com uso de cobertura do solo é a estratégia de irrigação adequada para ser adotada pelos produtores de pimenta de cheiro, em um cenário de variação de preço de R\$ 2,10 – R\$ 6,10 por kg, uma vez que apresentou VPL e TIR mais altos, e PB mais baixo do que o restante dos tratamentos avaliados. Enquanto SPR70, ID70 com uso de cobertura e IT sem uso de cobertura do solo apresentaram valores semelhantes.

Os preços mínimos de venda para taxa interna mínima de retorno de 7 % são menores para o cultivo com uso de bagana, exigindo preço mínimo de venda entre R\$ 2,07 e R\$ 3,01 kg<sup>-1</sup> (Figura 5). O manejo da irrigação SPR70 com uso de cobertura do solo, demandou um preço mínimo de venda R\$ 2,26 kg<sup>-1</sup>, enquanto que a irrigação SPR70 sem cobertura do solo exigiu R\$ 2,45 kg<sup>-1</sup>. Para os manejos SRP40 foi necessário preço de R\$ 2,87 kg<sup>-1</sup> com a utilização da cobertura do solo, chegando a aproximadamente R\$ 3,40 kg<sup>-1</sup>, sem o uso da cobertura.

**Figura 5** - Preço mínimo de venda para obtenção de taxa interna mínima de retorno de 7% em razão do cultivo com cobertura do solo e sem uso de cobertura e estratégias de irrigação da pimenta de cheiro.



Fonte: Elaborada pelo autor

Esses resultados demonstram que uma estratégia de irrigação que economiza cerca de 30% da água de irrigação (ou seja, SPR70, ID70 com uso de cobertura do solo) pode ser tão



lucrativa quanto a cultura totalmente irrigada (IP) sem uso de cobertura do solo, enquanto que, as estratégias de irrigação que economizaram cerca de 60 % (ou seja, SPR40 e ID40) são as mais viáveis em termos de sustentabilidade quando preço do kg for superior a R\$ 2,87. Observando os resultados obtidos, a água economizada poderia ser alocada para outra atividade proporcionando mais receita para o agricultor.

Os resultados mostram ainda que o ID40 e SPR40 foram os tratamentos mais sensível às variações ano a ano no preço da pimenta e que a utilização de bagana pode reduzir o risco econômico da atividade.

A técnica de secamento parcial do sistema radicular (SPR) utilizando a cobertura do solo, pode ser uma alternativa viável para os produtores de pimenta de cheiro, uma vez que apresentou VPL superior, TIR e PB semelhantes às técnicas de irrigação deficitária em cultivo sem uso de cobertura do solo.

O manejo de irrigação aplicando 70% da  $ET_{Cloc}$ , utilizando a técnica SPR ou ID no cultivo com cobertura do solo, é uma alternativa financeiramente viável em áreas com escassez de água, apresentando valores de VPL superiores ao manejo DI70 e IT sem o uso de cobertura do solo.

O preço de venda do fruto da pimenta tem um efeito claro sobre os indicadores econômicos e torna os valores negativos do VPL a um preço de R\$ 1,73  $kg^{-1}$  para todos os tratamentos.

## 5 CONCLUSÃO

A irrigação sem déficit com o uso de cobertura do solo se mostrou como a melhor estratégia para alcançar a maior produtividade e retorno financeiro. Além disso, a SPR 70 e/ou ID70 em cultivo com cobertura do solo é uma estratégia de irrigação aplicável à economia de água entre os manejos de irrigação, e também uma boa alternativa em relação à IT quando os recursos hídricos são limitados para aumentar o PA, mantendo melhor desempenho fisiológico da cultura, além de ser uma alternativa financeiramente viável em áreas com escassez de água.

A bagana de carnaúba como cobertura do solo melhorou consideravelmente os indicadores de viabilidade econômica, aumentando o VPL e TIR e reduzindo o payback.

## REFERÊNCIAS

- ADU, M. O.; YAWSON, D.O.; ARMAH, F. A.; ASARE, P. A., FRIMPONG, K. A. Meta-analysis of crop yields of full, deficit, and partial root-zone drying irrigation – a review. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 197, p. 79-90, 2018.
- AHMADI, S. H.; ANDERSEN, M. N.; PLAUBORG, F.; POULSEN, R. T.; JENSEN, C. R.; SEPASKHAH, A. R.; HANSEN, S. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 1486-1494, 2010b.
- AKINCI, S.; LÖSEL, D. M. **Plant water-stress response mechanisms**. In: Rahman, I.M.M., Hasegawa, H. (Eds.), *Water Stress*. InTech, Rijeka, Croatia, 978-953-307-9639, p. 15-42, 2012.
- ALMEIDA, A. V. R. ; Silva, A.O. ; COSTA, R. N. T. ; SANTOS, J. S. G. ; SILVA, G. F. . Use of carnauba palm bagana to reduce water consumption in the production of irrigated radish. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, p. 1071-1081, 2020.
- AMOSSÉA, C.; JEUFFROY, M. H.; CELETTEA, F.; DAVIDA, C. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. **Europa Journal of Agronomy**, Helsinki, v. 49, p. 158-167, 2013.
- ANDRADE, E. P.; NUNES, A. B. A.; ALVES, K. F.; UGAYA, C. M. L.; ALENCAR, M. C.; SANTOS, T. L.; BARROS, V. S.; PASTOR, A. V.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. Water scarcity in Brazil: part 1—regionalization of the AWARE model characterization factors. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, v. 25, p. 2342-2358, 2020.
- ASGHARI, M., ZAHEDIPOUR, P. 24-Epibrassinolide acts as a growth-promoting and chlorophyll stability index of cotton–maize cropping sequence. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 50, n. 3, p. 407-425, 2014.
- ASREY, R.; KUMAR, S.; MEENA, N. K. 2018. **Influence of water quality on postharvest fruit and vegetable quality**. In *Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality*, Academic Press, p. 169-187.
- ASSENG, S.; KHEIR, A. M.; KASSIE, B. T.; HOOGENBOOM, G.; ABDELAAL, A. I.; HAMAN, D. Z.; RUANE, A. C. Can Egypt become self-sufficient in wheat? **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 13, p. 1-12, 2018.
- ASSIS, R.; BABA, V. Y.; CINTRA, L. A.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; VANZELA, A. L. L. Genome relationships and LTR-retrotransposon diversity in three cultivated *Capsicum* L. (Solanaceae) species. **BMC Genomics**, [s.l.]. v. 21, n. 237, p. 1-14, 2020.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991.

BARROCA, M. V.; BONOMO, R.; FERNANDES, A. A.; SOUZA, J. M. Lâminas de irrigação nos componentes de produção das pimentas ‘De cheiro’ e ‘Dedo-de-Moça’. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 243-250, 2015.

BARZEGARI, M.; SEPASKHAH, A. R.; AHMADI, S. H. Irrigation and nitrogen managements affect nitrogen leaching and root yield of sugar beet. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s.l.]. v. 108, n. 2, p. 211-230, 2017.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019, 545 p.

BIEDERMAN, J. A.; SCOTT, R. L.; GOULDEN, M. L.; VARGAS, R.; LITVAK, M. E.; KOLB, T. S.; YEPEZ, E. A.; OECHEL, W. C.; BLANKEN, P. D.; BELL, T. W.; GARATUZA-PAYAN, J. MAURER, G. E.; BORE, S.; BURNS, S. P. Terrestrial carbon balance in a drier world: the effects of water availability in southern North America. **Global Change Biology**, Londres, v. 22, p. 1867-1879, 2016.

BLACKMAN, P. G.; DAVIES, W. J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 39-48, 1985.

BRUNELLI, G. M. **Simulação do custo de produção de laranja no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1990. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMPOS, H.; TREJO, C.; PENA VALDIVIA, B. C.; RAMIREZ-AYALA, C.; SANCHEZGARCIA, P. Effect of partial rootzone drying on growth, gas exchange, and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 120, p. 493-499, 2009.

CANO-LAMADRID, M.; GIRÓN, L.; PLEITE, R.; BURLÓ, F.; CORELL, M.; MORIANO, A. Quality attributes of table olives as affected by regulated deficit irrigation. **LWT. Food Science and Technology**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 19–26, 2015.

CANTORE, V.; BOARI, F.; CALIANDRO, A. Effect of split-root-system water stress on physiological and morphological aspects of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 537, p. 321-328, 2000.

CAPRA, A.; CONSOLI, S.; SCILICONE, B. **Deficit irrigation: theory and practice**. In: **Agricultural irrigation research progress**. Chapter 4, New SciencePublisher In. Daniel Alonso & Hugo Iglesias Eds, p. 53-83. 2008.

CAVALCANTI, F. J. A. *et al.*; **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008.

CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H. L.; WASKOM, R. M.; NIU, Y.; SIDDIQUE, K. H. Irrigação deficitária regulada para a produção agrícola sob estresse hídrico. Uma revisão. **Agronomy for Sustainable Development**, [s.l.]. v. 36, n. 3, p. 1-21, 2016.

COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida ‘Tahiti’ submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Irriga**, Botucatu, v. 19, p. 292-301, 2014.

- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, P. M.; CASTRICINI, A. Soil-water-plant relation ship and fruit yield under partial root-zone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, p. 362-367, 2019.
- CONSOLI, S.; STAGNO, F.; VANELLA, D.; BOAGA, J.; CASSIANI, G.; ROCCUZZO, G. Partial rootzone drying irrigation in orange orchards: Effects on water use and crop production characteristics. **European Journal of Agronomy**, Conthey, v. 82, p. 190-202, 2017.
- CORREIA, B.; HANCOCK, R. D.; AMARAL, J.; GOMEZ-CADENAS, A.; VALLEDOR, L.; PINTO, G. Combined drought and heat activates protective responses in Eucalyptus globules that are not activated when subjected to drought or heat stress alone. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 9, p. 819, 2018.
- COTRIM, C. E.; COELHO, E. F.; SILVA, J. A.; SANTOS, M. R. Irrigação com déficit controlado e produtividade de mangueira ‘Tommy Atkins’ sob gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, p. 2229-2238, 2017.
- DAVARPANA, R.; AHMADI, S. H. Modeling the effects of irrigation management scenarios on winter wheat yield and water use indicators in response to climate variations and water delivery systems. **Journal of Hydrology**, [s.l.]. v. 598, p. 1-19, 2021.
- DAVIES, W. J.; J. ZHANG, J.; YANG; DODD, I. C. Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. **Journal of Agricultural Science**, Canadá, v. 149, p. 123-131, 2011.
- DE H. R. GHEYI, A. A. DE SOUSA, F.A.V. Damasceno, J. F. de Medeiros. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 33. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.
- DING, Z.; ALI, E. F.; ELMAHDY, A. M.; RAGAB, K. E.; SELEIMAN, M. F.; KHEIR, A. M. Modeling the combined impacts of deficit irrigation, rising temperature and compost application on wheat yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 244, p. 1-12, 2021.
- DODD, I. C.; EGEE, G.; DAVIES, W. J. ABA signalling when soil moisture is heterogeneous: decreased photoperiod sap flow from drying roots limits ABA export to the shoots. **Plant, Cell and Environment**, v. 31, p. 1263–1274, 2008.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. DE H. R. GHEYI, A. A. DE SOUSA, F.A.V. Damasceno, J. F. de Medeiros. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 33. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.
- DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. T.; MELO, A. M. T. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 466- 472, 2012.
- DORJI, K.; BEHBOUDIAN, M. H.; ZEGBE-DOMINGUENZ, J. A. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 104, p. 137–149, 2005.

DU, S.; KANG, S.; LI, F.; DU, T. Water use efficiency is improved by alternate partial root-zone irrigation of apple in arid northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 184-192, 2017.

DU, T., KANG, S.; ZHANG, J.; LI, F. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. **Irrigation Science**, Califórnia, v. 26, p. 147-159, 2008b.

DU, T.; KANG, S.; SUN, J.; ZHANG, X.; ZHANG, J. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 66-74, 2010.

EL-SADEK, A. Water use optimization based on the concept of partial root zone drying. **Ain Shams Engineering Journal**, Cairo, v. 5, p. 55-62, 2014.

ESPINOZA, S.; OVALLE, C.; ZAGAL, E.; MATUS, I.; TAY, J.; PEOPLES, M. B.; DEL POZO, A. Contribution of legumes to wheat productivity in Mediterranean environments of central Chile. **Field Crops Research**, [s.l.]. v. 133, p. 150-159, 2012.

ETTER, R.; KUNST, L. Plant surface lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. **The Plant Journal**, [s.l.]. v. 54, n. 4, p. 670-683, 2008.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2018. Disponível em: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). Acesso em: 04 set. 2022.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Water for sustainable food and agriculture a report produced for the G20 presidency of Germany**, 2017. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i7959e/i7959e.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

FERREIRA, R. G. **Matemática Financeira Aplicada: Mercado de capitais, administração financeira e engenharia econômica**. 5. Ed., Universitária da UFPE, Recife/PE, 2000.

FRATIANNI, F.; D'ACIERNO, A.; COZZOLINO, A.; SPIGNO, P.; RICCARDI, R.; RAIMO, F.; Tucci, M. Caracterização bioquímica de variedades tradicionais de pimentão (*Capsicum annuum* L.) da região da Campânia, sul da Itália. **Antioxidantes**, [s.l.]. v. 9, n. 6, p. 556, 2020.

FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação de água do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 24-49, 2007.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 34-53, 1994.

GARCIA, L.; CELETTE, F.; GARY, C.; RIPOCHE, A.; HECTOR, V. G.; METAY, A. Manejo de culturas de serviço para a prestação de serviços de ecossistema em vinhedos: Uma revisão: **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Pequim, v. 251, p. 158-170, 2018.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349-359, 2015.

GITMAN, L. J.; MADURA, J. **Administração Financeira: Uma abordagem gerencial**. Tradução [de] Maria Lúcia G. L. Rosa. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.  
GONZÁLEZ, A. P.; ALVES, M. C. Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissol gleico de Lugo, Espanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 45-50, 2005.

GRIMES, D. W.; WALHOOD, V.T.; DICKENS, W.L. Alternate-furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. **California Agriculture**, Califórnia, v. 22, n. 5, p. 4-6, 1968.

HOFFMANN, R. *et al.* **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1992. 325 p.

HULSE-KEMP, A. M.; ASHRAFI, H. PLIESKE, J. LEMM, J.; STOFFEL, K.; HILL, T.; LUERSEN, H.; PETHIYAGODA, C. L.; LAWLEY, C.T.; GANAL, M. W.; VAN DEYNZE, A. Um Hap Map leva a um SNP Capsicum annum array infinium: uma nova ferramenta para a criação de pimenta. **Horticulture Research**, [s.l.]. v. 3 p. 1-10, 2016.

IFAC, 2008. International Good Practice Guidance Project Appraisal Using Discounted in northern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Guelph, v. 278, p. 107660, 2019.

JEZEK, M.; BLATT, M. R. The membrane transport system of the guard cell and its integration for stomatal dynamics. **Plant Physiology**, Kettering, v. 174, p. 487-519, 2017.

KANG, S. Z.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 10, p. 1-10, 2004.

KANG, S.; ZHANG, L.; XIAOTAO, H.; LI, Z.; JERIE, P. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. **Scientia Horticulture**, [s.l.]. v. 89, p. 257-267, 2001.

KARANOVIC, G. Techniques for Managing Projects Risk in Capital Budgeting Process. **UTMS Journal of Economics**, Escópia, v. 1, n. 2, p. 55-66, 2010.

KÖPPEN, W. Grundis der Klimakunde Walter de Gruyter. **Berlin, Germany**, 1931, 388 p.

KRIEDEMANN, P. E.; GOODWIN, I. **Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying**. Land & Water Australia, Canberra, 2003.

KRIEDEMANN, P.; GOODWIN, I. **Irrigação Insights- No 4: Irrigação com Déficit Regulado e Secagem Parcial da Zona da Raiz - um Pacote de Informações sobre Dois**

**Novos Métodos de Irrigação para Horticultura de Alto Insumo.** Programa Nacional de Irrigação Sustentável, Camberra, Austrália, 2003.

LIMA, E. M. C.; CARVALHO, J. A. C.; REZENDE, F. C.; THEBALDI, M. S.; GATTO, R. F. Rendimento da pimenta Cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1181-1187, 2013.

LIMA, R. S. N.; FIGUEIREDO, F. A. M. M.; MARTINS, A. O.; DEUS, B. C. S.; FERRAZ, T. M.; GOMES, M. M. A.; SOUSA, E. F.; GLENN, D. M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 183, p. 13-22, 2015.

LIMA, R. S. N.; FIGUEIREDO, F. A. M. M.; MARTINS, A. O.; DEUS, B. C. S.; FERRAZ, T. M.; GOMES, M. M. A.; SOUSA, E. F.; GLENN, D. M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 183, p. 13-22, 2015.

LIN, J.; WANG, Y.; SUN, S.; MU, C.; YAN, X. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, photosynthetic pigments of *Leymus chinensis* seedlings under salt-alkali stress and nitrogen deposition. **Science of The Total Environment**, Barcelona, v. 576, p. 234-241, 2017

LIU, F.; SAVIC, S.; JENSEN, C. R.; SHAHNAZARI, A.; JACOBSEN, S. E.; STIKIC, R.; ANDERSEN, M. N. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 111, p. 128-132, 2007.

LIU, R.; THOMAS, B. W.; SHI, X.; ZHANG, X.; WANG, Z.; ZHANG, Y. Efeitos do manejo da cobertura do solo na melhoria da conservação da água e do solo em sistemas de cultivo de árvores: uma meta-análise, **Catena**, [s.l.]. v. 19, p. 105085, 2021.

MAESTRE-VALERO, J.F.; MARTIN-GORRIZ, B.; ALARCÓN, J. J.; NICOLAS, E.; MARTINEZ-ALVAREZ, V. Economic feasibility of implementing regulated deficit irrigation with reclaimed water in a grapefruit orchard. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 178, p. 119-125, 2016.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Os sistemas agrários sem alqueive das regiões temperadas, A primeira revolução agrícola dos tempos modernos.** IN: História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. cap. 8, p. 353-396.

MENESES, N. B. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 123-129, 2016.

MIBEI, E. K.; JANE AMBUKO, J.; GIOVANNONI, J. J.; ONYANGO, A.N.; OWINO, W. O. Carotenoid profiling of the leaves of selected African eggplant accessions subjected to drought stress. **Food Science & Nutrition**, [s.l.]. v. 5, n. 1, p. 113-122, 2017.

MORISON, J. I. L.; BAKER, N. R.; MULLINEAUX, P. M.; DAVIES, W.J. Improving water use in crop production. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, Londres, v. 363, p. 639-658, 2008.

NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal Of Arid Environments**, Oxford, v. 209, p. 104892, 2023.

NOUNA, B.; REZIG, M.; BAHROUNI, H.; AMMAR, H. B. Effect of Partial Root-Zone Drying Irrigation Technique (PRD) on the Total Dry Matter, Yield and Water Use Efficiency of Potato under Tunisian Semi-Arid Conditions. **Journal of Agricultural Science**, Canadá, v. 8, n. 7, p. 129-141, 2016.

NOVARA, A.; CERDÀ, A.; GRISTINA, L. Gestão sustentável do solo de vinhas: um equilíbrio entre o consumo de água e a conservação do solo. **Opinião atual em Ciências Ambientais e Saúde**, 2018.

PALMA, J. M.; TERÁN, F.; CONTRERAS-RUIZ, A.; M. RODRÍGUEZ-RUIZ, M.; CORPAS, F. J. Perfil antioxidante de frutos de pimenta (*Capsicum annuum* L.) contendo diversos teores de capsaicinóides. **Antioxidantes**, [s.l.]. v. 9. n. 9, p. 878, 2020.

PELVINE, R. A. Os Números Estatísticos da Safra De Pimenta. **Revista Campos & Negócios**, Botucatu, 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/os-numeros-estatisticos-da-safra-de-pimenta/>. Acesso em: 24 set. 2022.

PERALTA-CRUZ, C.; RODRÍGUEZ-BUENFIL, I. M.; CABAL-PRIETO, A.; CUERVO-OSORIO, V. D.; ONEY-MONTALVO, J. E.; HERRERACORREDOR, J. A.; RAMÍREZ-SUCRE, M. O.; RAMÍREZ-RIVERA, E. D. J. Modeling consumer satisfaction to identify drivers for liking: An online survey based on images of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). **Journal of Sensory Studies**, [s.l.]. v. 36, n. 6, e12696, 2021.

PERANTONI, I. C. R.; SOUSA, R. S.; SILVA, N. B. Gênero *Capsicum* no mercado do porto, em Cuiabá-MT. **Biodiversidade**, Cuiabá, v. 17, n. 3, p 71, 2018

PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping With Water Scarcity. Addressing the Challenges**. Springer, p. 382, 2009.

PERES, F. C.; MATTOS, Z. P.B. Simulação como auxílio à decisão de confinar bovinos de corte. In: simpósio da sociedade brasileira de Zootecnia: bovino cultura de corte, Campinas, 1990. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 59-70.

PÉREZ-PÉREZ, J. G.; NAVARROA, J. M.; ROBLES, J. M.; DODD I. C. Prolonged drying cycles stimulate ABA accumulation in Citrus Macrophylla seed lings exposed to partial rootzone drying. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 210, p. 271-278, 2018.

QIAN, X.; LIU, Y.; ZHANG, G.; YAN, D.; WANG, H.; WANG, X.; PAN, Q.; XU, H.; SUN, L; ZHU, B. Gene do álcool aciltransferase e precursores de éster diferenciam composição de ésteres voláteis em três híbridos interespecíficos de *Vitis labrusca* V. Vinifera durante o período de desenvolvimento da baga. **Química Alimentar**, Santa Maria, v. 295, p. 234-246, 2019.



PLAZA-BONILLA, D.; JEAN-MARIE, N.; RAFFAILLACA, D.; JUSTESA, E. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: Field evidence and model simulations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Pequim, v. 212, p. 1-12, 2015.

QUEIROGA, R. C. F.; NOGUEIRA, I. C. C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A. R. B.; PEDROSA, J. F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 416-418, 2002.

RABECHINI JUNIOR, R.; CARVALHO, M. M. Relacionamento entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos. **Produção**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 570-581, 2012.

RAMJATTAN R, UMAHARAN P. Inter-relações entre a produção e seus componentes em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.) **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 287, p. 110254, 2021.

RAPHAEL, O. D.; OGEDENGBEB, K.; FASINMIRINA, V.; OKUNADEA, D.; AKANDEA, I.; GBADAMOSIC, A. Growth-stage-specific crop coefficient and consumptive use of *Capsicum chinense* using hydraulic weighing lysimeter, **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 203, p. 179-185, 2018.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, Agriculture Handbook, n. 60, 2012, 159 p.

ROCHA, P. A.; SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; BRITO, C. F. B.; AVILA, J. S. Bell pepper cultivation under different irrigation strategies in soil with and without mulching. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 453-460, 2018.

SAEED, H.; GROVE, I. G.; KETTLEWELL, P. S.; HALL, N.W.; Potato root and shoot growth under different water management strategies. **Aspects of Applied Biology**, [s.l.]. v. 73, p. 85-91, 2005.

SAEED, H.; GROVE, I. G.; KETTLEWELL, P. S.; HALL, N. W. Potencial da secagem parcial da zona radicular como técnica alternativa de irrigação para batata (*Solanum tuberosum*). **Annals of Applied Biology**, [s.l.]. v. 152 p. 71-80, 2008.

SAMPATHKUMAR, T.; PANDIAN, B. J.; JEYAKUMAR, P.; MANICKASUNDARAM, P. Effect of deficit irrigation on yield, relative leaf water content, leaf proline accumulation and resistance-mediating factor in strawberry plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, [s.l.]. v. 35, n. 3, p. 722-729, 2016.

SANTOS, J. C. dos.; CAMPOS ETTER, R.; KUNST, L. Plant surfasse lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. **The Plant Journal**, [s.l.]. v. 54, n. 4, p. 670-683, 2008.

SANTOS, J. C. dos.; CAMPOS, R. T. **Metodologia para Análise de Rentabilidade e Risco de Sistemas Agroflorestais**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. (Embrapa Acre. Documentos 47).

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. Gas exchange in 'BRS Princesa' banana (*Musa* spp.) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronomica**, Palmira, v. 66, p. 378, 2017.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação lateralmente alternada em lima ácida 'Tahiti' na região norte de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu, v. 1, p. 71-88, 2016.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Produtividade e fotossíntese da mangueira 'Tommy Atkins' sob déficit hídrico em região semiárida da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 899-907, 2014.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHAAP, M. G. Rosetta (versão 1.1), **US Salinity Laboratory**, USDA, ARS: Riverside, CA, USA. 2003.

SEPASKHAH, A. R. AHMADI, S. H. A review on partial root-zone drying irrigation. **International Journal of Plant Production**, Corvallis, v. 4, n. 4, p. 241–258, 2010.

SEPASKHAH, A. R.; SICHANI, S. A.; BAHRANI, B. Subsurface and furrow irrigation evaluation for bean production. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 19, n. 6, p. 1089-1092, 1976.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; TEKIN, S. Physiological response of red pepper to different irrigation regimes under drip irrigation in the Mediterranean region of Turkey. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 245, n. 9, p. 280-288, 2019.

SHAO, G.; LIU, N.; ZHANG, Z.; YU, S.; CHEN, C. Growth, yield and water use efficiency response of greenhouse-grown hot pepper under time-space deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 126, p. 172-179, 2010.

SIDHU, R. K.; KUMAR, R.; RANA, P. S.; JAT, M. L. Automation in drip irrigation for enhancing water use efficiency in cereal systems of South Asia: status and prospects. **Advances in Agronomy**, [s.l.]. v. 167, p. 247-300, 2021.

SILVA, F. L.; CAMPOS, A. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, S.D.; PADILHA, C. E. A.; SOUSA JUNIOR, F.C.; MACEDO, G.R.; SANTOS, E. S. Pretreatments of Carnauba (*Copernicia prunifera*) straw residue for production of cellulolytic enzymes by *Trichoderma reesei* CCT-2768 by solid state fermentation. **Renewable Energy**, [s.l.]. v. 116, n. 2, p. 299-308, 2018.

SILVA, V. B.; RABELO, J. S.; COSTA, R. N. T; SILVA, A. O.; ALMEIDA, A. V. R. Response of the cherry tomato to watering and ground cover under organic cultivation. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 13, p. 214, 2019.

SILVA, V. G. F. Productive characteristics and water use efficiency in cotton plants under different irrigation strategies. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 14, n. 5, p. 451-457, 2010.

SILVAR, C.; GARCÍA-GONZÁLEZ, C. A. Seleção de pimentões velhos (*Capsicum* spp.) para resistência a doenças e características relacionadas à pungência, **Scientia horticultrae**, [s.l.]. v. 218, p. 249-257, 2017.

SOUSA, P. G. R.; SOUSA, J.P.F.; SOUSA, A.M.; COSTA, R.N.T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 1201-1212, 2017.

SOUZA, A. B. **Projetos de investimentos de capital: elaboração, análise e tomada de decisão**. São Paulo: Atlas, 2003. Mundo. São Paulo: Ed. Harbra, 1999.

SOUZA, J.L.; RESENDE P. 2006. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 843 p.

STIKIĆ, R.; POPOVIĆ, S.; SRDIĆ, M.; SAVIĆ, D.; JOVANOVIĆ, Z.; PROKIĆ, L.; ZDRAVKOVIĆ, J. Partial root drying (prd): a new techniques for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, [s.l.]. v. 29, p. 164-171, 2003.

STOLL, M.; LOVEYS, B. R. DRY, P. Hormonal changes induced by partial root-zone drying of irrigated grapevine. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1627-1634, 2000.

TAIZ, L; ZEIGER, E; MOLLER, M. I; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. [S. l.]: Artmed editora, 2017.

TAKITANE, I. C. **Custo de produção da borracha e análise de rentabilidade em condições de risco no Planalto Paulista, SP e no Triângulo Mineiro, MG**. Piracicaba, 1988. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, D.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q.; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012.

WANG, Y. L.; HUANG, Q. Q.; LIU, C.; DING, Y. Y.; LIU, L.; TIAN, Y. L.; WU, X. P, LI H. K.; AWASTHI, M. K.; ZHAO, Z. Y. As práticas de cobertura morta alteram a diversidade funcional microbiana do solo e beneficiam a qualidade do solo em pomares no Planalto de Loess. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 271, p. 110985, 2020.

WANG, Y. S.; LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; JENSEN, C. R. Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. **Functional Plant Biology**, [s.l.]. v. 37, p. 175-182, 2010.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, Kettering, v. 144, p. 307-313, 1994.

XU, H. J.; WANG, X. P.; ZHAO, C.Y.; ZHANG, X. X. Responses of ecosystem water use  
 YANG, X.; ZHANG, P.; WEI, Z.; LIU, J.; HU, X.; LIU, F. Effects of CO<sub>2</sub> fertilization on  
 tomato fruit quality under reduced irrigation, **Agricultural Water Management**, Amsterdam,  
 v. 230, n. 1, p. 105985, 2020.

YUAN, J.; XU, M.; DUAN, W.; FAN, P.; LI, S. Effects of whole-root and half-root water  
 stress on gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in apple trees. **Journal of the  
 American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 138, p. 395-402, 2013.

ZAMLJEN, T.; ZUPANC, V.; SLATNAR, A. Influence of irrigation on yield and primary  
 and secondary metabolites in two chilies species, *Capsicum annuum* L. and *Capsicum  
 chinense* Jacq. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 234, n. 1, 2020.

ZEGBE, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H. Plant water status, CO<sub>2</sub> assimilation, yield, and fruit  
 quality of 'Pacific Rose™' apple under partial rootzone drying. **Scientia Horticulturae**,  
 [s.l.]. v. 22, p. 27-32, 2008.

ZEGBE, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H.; CLOTHIER, B.E. Partial root zone drying is a  
 feasible option for irrigating processing tomatoes. **Agricultural Water Management**,  
 Amsterdam, v. 68, p. 195-206, 2004.

ZEGBE, J. A.; SERNA-PÉRE, A. Partial rootzone drying maintains fruit quality of 'Golden  
 Delicious' apples at harvest and postharvest. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 127, p. 455-  
 459,  
 2011.

ZHANG, F.; GUO, S.; ZHANG, C.; GUO, P. An interval multiobjective approach  
 considering irrigation canal system conditions for managing irrigation water. **Journal of  
 Cleaner Production**, [s.l.]. v. 211, p. 293-302, 2019.

ZHANG, J.; SCHURR, U.; DAVIES, W. J. Control of stomatal behaviour by abscisic acid  
 which apparently originates in the roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 38, n.  
 7, p. 1174-1181, 1987.

ZHANG, X.; LEI, L.; LAI, J.; ZHAO, H.; SONG, W. Effects of drought stress and water  
 recovery on physiological responses and gene expression. In maize seedlings. **BMC  
 Plant Biology**, [s.l.]. v. 18, n. 1, p. 68, 2018.

ZHANG, Y.; ZHOU, Y.Y.; ZHANG, D.; TANG, X. L.; LI, Z.; SHEN, C.; HAN, X.; DENG,  
 W. H.; YIN, W. L.; XIA, X. L. PtrWRKY75 over expression reduces stomatal aperture and  
 improves drought tolerance by salicylic acid-induced reactive oxygen species accumulation in  
 poplar. **Environmental and Experimental Botany**, Barcelona, v. 176, p. 104-117, 2020.

ZHONG, Z. M.; HUANG, X. S.; FENG, D. Q.; XING, S. H.; WENG, B. Q. Efeitos de longo  
 prazo da cobertura vegetal de leguminosas nas propriedades químicas do solo e na  
 composição e estrutura da comunidade bacteriana. **Agriculture, Ecosystems &  
 Environment**, Pequim, v. 268, p. 24-33, 2018.

ZIN, EL-ABEDIN, T. K.; MATTARA, M. A.; ALAZB, A. A.; AL-GHOBARIA, H. M. Comparative effects of two water-saving irrigation techniques on soil water status, yield, and water use efficiency in potato. **Scientia Horticulturae**, [s.l.]. v. 225, p. 525-532, 2017.

ZOTARELLI, L.; DUKES, M. D.; SCHOLBERG, J. M. S.; FEMMINELLA, K.; MUNOZ-CARPENA, R. Irrigation scheduling for green bell peppers using capacitance soil moisture sensors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 137, n. 2, p. 73-81, 2011.

ZOULIAS, N.; HARRISON, E. L.; CASSON, S. A.; GRAY, J. E. Molecular control of stomatal development. **Biochemical Journal**, Londres, v. 475, p. 441-454, 2018.