



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL**

**FRANCISCO DAS CHAGAS DE ANDRADE PORTO NUNES**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO DA MELANCIA  
NO ESTADO DO PIAUÍ**

**TERESINA-PI**

**2015**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO DA MELANCIA  
NO ESTADO DO PIAUÍ**

**FRANCISCO DAS CHAGAS DE ANDRADE PORTO NUNES**

**ENGENHEIRO AGRÔNOMO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

**TERESINA-PI**

**2015**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Serviço de Processamento Técnico

**N972v** Nunes, Francisco das Chagas de Andrade Porto  
Viabilidade econômica da irrigação da melancia no estado do  
Piauí / Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes. 2015.  
66 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Federal  
do Piauí, Teresina, 2015

Orientação: Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

1 *Citrullus lanatus* 2 Espacialização 3 Receitas líquidas 4  
Balanço hídrico I.Título

**CDD 635.615**

**Viabilidade econômica da irrigação da melancia no Estado do Piauí.**

Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes  
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em 24 / 06 / 2015

**Comissão Julgadora:**



Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho – Presidente  
CTT/CCA/UFPI



Prof. Dr. Valber Mendes Ferreira – Membro Externo  
CCA/UFPI



Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima – Membro Interno  
CCA/UFPI



*À minha mãe Carmelita, ao meu pai Fernando e aos meus irmãos pela dedicação e confiança durante toda essa luta.*

**OFEREÇO**

*À minha noiva Francinabel e a todos os que acreditaram e incentivaram pra que eu sempre continuasse e não desistisse dos meus objetivos.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, por ter me guiado e iluminado meus caminhos nas minhas escolhas e por ser meu refúgio e braço amigo nas horas mais difíceis;

À Universidade Federal do Piauí, pela estrutura, corpo docente e oportunidades ao longo de toda essa caminhada;

Ao orientador prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho pela incomparável sinceridade, ensinamentos, dedicação e pela amizade;

A CAPES, por ter me concedido a bolsa de estudos o que me ajudou bastante durante essa jornada de estudos e pesquisas;

Aos meus pais Fernando Porto e Maria Carmelita por serem exemplos de vida, honra, respeito e por terem me apoiado durante toda minha vida;

Aos meus irmãos Fernando, Fábio, Francisco de Assis, Paulo Rogério, Paula Regina, Mariana pela força e incentivo que me ofereceram durante minha vida acadêmica;

À minha noiva Francinabel Cycliciana pela paciência, ajuda e companheirismo;

À minha amiga Mirya Grazielle e ao meu amigo Dônavan Nolêto pela ajuda em diversas etapas do trabalho;

Aos amigos José Roberto, Cristiane e Josiane pela ajuda e força durante a execução desse trabalho;

Aos amigos do Laboratório Toinha, Gerusa, Ranyellson, Priscila Barros, João Pedro, Iúna, Vicente e João Silvestre pelos momentos inesquecíveis de alegria e descontração;

Às minhas digníssimas amigas Professoras Eulália Maria e Regina Lúcia pelos inúmeros conselhos, pelo incentivo e pela dedicação durante todo o curso;

Enfim, a todos que acreditaram e contribuíram de forma direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1. A cultura da melancia.....	13
2.2. Necessidade hídrica da melancia .....	15
2.3. Balanço hídrico de cultivo .....	17
2.4. Viabilidade econômica da irrigação.....	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1. Local de estudo.....	21
3.2. Precipitação pluviométrica .....	22
3.3. Evapotranspiração de referência .....	23
3.4 Datas de semeadura.....	24
3.5 Parâmetros da cultura.....	24
3.6. Parâmetros do solo .....	25
3.7. Balanços hídricos.....	25
3.8. Rendimento relativo da cultura da melancia .....	27
3.9. Simulação do rendimento relativo e lâmina bruta .....	28
3.10. Análise econômica sob condição de risco .....	29
3.11. Espacialização das receitas líquidas.....	33
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
4.1 CAD e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí .....	35
4.1.1 Cultivo de Sequeiro.....	35
4.1.2 Cultivo Irrigado.....	36

4.2	Datas de semeadura e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí.....	37
4.2.1	Cultivo de sequeiro .....	37
4.2.2	Cultivo Irrigado.....	41
4.3	Locais de cultivo e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí.....	44
4.3.1	Cultivo de Sequeiro.....	44
4.3.2	Cultivo Irrigado.....	45
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	46
6.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	56

## Lista de Figuras

- Figura 1** - Localização geográfica dos postos pluviométricos onde foram obtidos os dados diários de precipitação pluviométrica.....23
- Figura 2** - Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de janeiro, 1° de fevereiro e 1° de março em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm..... 49
- Figura 3** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de abril, 1° de maio e 1° de junho em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.....50
- Figura 4** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de julho, 1° de agosto e 1° de setembro em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm. ....51
- Figura 5** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de outubro, 1° de novembro e 1° de dezembro em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm. ....52
- Figura 6** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de janeiro, 1° de fevereiro e 1° de março em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.....53
- Figura 7** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de abril, 1° de maio e 1° de junho em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm .....54
- Figura 8** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de julho, 1° de agosto e 1° de setembro em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.....55
- Figura 9** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de outubro, 1° de novembro e 1° de dezembro em diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm. ....56

## Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Coeficientes de cultivo para todas as fases de desenvolvimento da melancia. ....24
- Tabela 2.** Fator de resposta ao déficit hídrico (ky) para cada fase de desenvolvimento da melancia. ....28
- Tabela 3.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 20 mm. ....39
- Tabela 4.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 40 mm. ....40
- Tabela 5.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 60 mm. ....41
- Tabela 6.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 20 mm. ....43
- Tabela 7.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 40 mm. ....43
- Tabela 8.** Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 60 mm. ....44

# VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO DA MELANCIA NO ESTADO DO PIAUÍ

**Autor:** Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes

**Orientador:** Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da irrigação no processo de produção de melancia no estado do Piauí, levando em consideração dados históricos de precipitações pluviométricas, três capacidades de armazenamento de água pelo solo e diferentes datas de semeaduras, sendo estas o primeiro dia de cada mês do ano. Com base em registros históricos de precipitação pluviométrica, obtidos junto a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), coletados em 165 localidades, simulou-se o balanço hídrico de cultivo em escala diária e determinaram-se as lâminas brutas de irrigação através de planilhas com uma rotina computacional na linguagem de programação visual basic (Macros) vinculada à planilha eletrônica Microsoft Excel 2010, através do método de Monte Carlo. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada em escala diária de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948). Os rendimentos relativos da cultura da melancia foram estimados a partir das combinações de cultivo, local, capacidade de água disponível no solo e datas de semeadura levando em consideração o fator de resposta da cultura ao déficit hídrico da cultura (K<sub>y</sub>). Os custos totais de produção da melancia foram simulados através da soma do custo de implantação da cultura e do consumo de energia elétrica (kWh) do sistema de irrigação necessário para reposição das lâminas brutas. Após a simulação dos rendimentos e dos custos totais de produção determinaram-se as receitas líquidas da cultura para todas as localidades e datas de semeadura. Utilizou-se o software Spring 5.2.7 para espacializar através de mapas temáticos, as receitas líquidas nos regimes de sequeiro e irrigado. Conforme análise dos mapas temáticos se concluiu que o cultivo da melancia em condições de sequeiro mostrou-se viável economicamente apenas para algumas combinações de CAD, época de semeadura e local de plantio. A data de semeadura 1º de fevereiro foi a que obteve as áreas com as maiores receitas líquidas, tanto para o cultivo de sequeiro como para o irrigado. A utilização da irrigação no cultivo de melancia mostrou-se viável em todo o estado do Piauí, para todas as combinações de épocas de semeadura, CAD e local de plantio. As receitas líquidas variaram em todo o estado de Piauí em função da época de semeadura, CAD e local de cultivo tanto para as condições de sequeiro como para as condições irrigadas.

**Palavras-chave:** *Citrullus lanatus*; espacialização; receitas líquidas; balanço hídrico.

# ECONOMIC FEASIBILITY OF WATERMELON IRRIGATION

## IN THE PIAUÍ STATE

**Author:** Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes

**Adviser:** Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

### ABSTRACT

The present work had as objective to evaluate the economic viability of irrigation on watermelon production process in the State of Piauí, taking into consideration historical data of precipitation, three water storage capacities at different sowing dates and soil, these being the first day of each month of the year. Based on records histories of precipitation, obtained with the Northeast Development Superintendence (SUDENE) and the National Institute of meteorology (INMET), collected in 165 locations, simulated the water balance in daily scale cultivation and determined the gross irrigation blades through spreadsheets with a computational routine in the language of programming visual basic (Macros) linked to Microsoft Excel 2010 spreadsheet, through the Monte Carlo method. The reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was estimated in daily range according to the methodology proposed by Thornthwaite (1948). The relative yields of the culture of watermelon were estimated from combinations of cultivation, location, capacity of water available in the soil and sowing dates taking into account the response factor of culture to water deficit of culture (Ky). The total cost of production of watermelon were simulated through the sum of the cost of deploying the culture and consumption of electric energy (kWh) irrigation system necessary for replacement crude blades. After the simulation yields and total production costs determined the net receipts of culture for all the locations and dates of sowing. The Spring software 5.2.7 to espacializar through thematic maps, net revenue in dryland and irrigated schemes. As analysis of the thematic maps were found that watermelon cultivation in dryland conditions proved to be economically viable only for some combinations of CAD, the time of sowing and planting site. The date of 1 February seeding was the one that obtained the areas with the biggest net revenue, both for the cultivation of upland and irrigated. The use of irrigation in the cultivation of watermelon proved viable in the State of Piauí in the Northeast region, for all combinations of sowing seasons, CAD and planting site. Net revenue varied throughout the State of Piauí in function of the time of sowing, CAD and place of cultivation both for rainfed conditions as for irrigated conditions.

**Keywords:** *Citrullus lanatus*; spatialization; net revenues; water balance.

## 1- INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) é uma olerícola cultivada em várias regiões do mundo. No Brasil, é uma cultura plantada por pequenos, médios e grandes produtores, em todos os estados do território nacional. Segundo IBGE (2012), a área plantada com essa cultura em nosso país chegou a 99.601 ha e uma produção total de aproximadamente 2.079.547 toneladas, o que coloca essa cultura entre as mais produzidas no país. Dentre os estados tem o Rio Grande do Sul; Goiás; Bahia; São Paulo e Rio Grande do Norte que juntos compõem os cinco maiores produtores nacionais dessa cultura, respectivamente (IBGE, 2012).

A região nordeste se destaca por ser grande produtora de frutas, entretanto, o período de escassez de chuvas afeta diretamente a produção, uma vez que a maior parte dos produtores, principalmente de melancia, utiliza a chuva como principal fonte de água para suprimento das necessidades da cultura.

Como a boa parte dos produtores de melancia da região nordeste, principalmente no estado do Piauí, é composto de pequenos e médios proprietários de terra, que possuem baixo grau de escolaridade e pouco acesso a informações tecnológicas a produtividade dessa cultura fica reduzida e com isso, o retorno financeiro fica comprometido. A irrigação das áreas produtivas constitui alternativa para a melhoria do rendimento de grande maioria das culturas, proporcionando um incremento de produtividade da ordem de 200% (GONZAGA NETO, 2000).

A irrigação é uma prática altamente vantajosa na produção de melancia, sobretudo em regiões com precipitação mensal abaixo de 100 mm ou em regiões sujeitas à ocorrência de veranicos como é o caso do estado do Piauí. Além de possibilitar incrementos de produtividade e a obtenção de frutos de melhor qualidade, o uso da irrigação viabiliza a produção na entressafra, quando os preços são mais atrativos ao produtor (MAROUELLI; BRAGA; ANDRADE JUNIOR, 2012).

Apesar de vantajosa, a irrigação ainda é pouco utilizada por boa parte dos produtores de melancia na região nordeste principalmente no estado do Piauí, pois sua utilização eleva os custos de produção dessa cultura. Além do mais a falta de conhecimento técnico por parte dos irrigantes sobre um bom manejo da irrigação faz com que esses produtores disponibilizem água em excesso, o que causa a lixiviação

dos nutrientes além de diminuir a oxigenação das raízes ou pouca água ao ponto de não repor o que a planta precisa para expressar seu real potencial.

A utilização de dados meteorológicos históricos, balanço hídrico e espacialização das receitas de acordo com a precipitação para uma determinada localidade vêm sendo utilizada como base de planejamento agrícola onde se é possível determinar as demandas de água requeridas pela planta e as receitas a serem obtidas pela cultura em função da época e local de cultivo.

Como no estado do Piauí as precipitações são irregulares isso pode causar déficit hídrico em alguns estádios de desenvolvimento da planta, o que varia de acordo com a época de semeadura e com o local de cultivo. O uso dessas ferramentas pode facilitar o planejamento da implantação da cultura, a tomada de decisão de quando e quanto irrigar o que pode assegurar a produção, qualidade dos frutos, a diminuição dos riscos e o aumento das receitas líquidas.

Tendo como base as receitas líquidas, é possível determinar se a implantação de uma dada cultura em um determinado local com utilização da irrigação tem ou não viabilidade econômica uma vez que o produtor, principalmente de pequeno porte, tem certo medo de investir e não ter o retorno econômico satisfatório baseado nisso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a viabilidade econômica da utilização da irrigação no processo de produção de melancia no estado do Piauí, levando em consideração dados históricos de precipitações pluviométricas, três capacidades de armazenamento de água pelo solo e diferentes datas de semeaduras.

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura da melancia

A melancia cultivada (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) deriva, provavelmente, da espécie *Citrullus lanatus* var. *citroides*, existente na África central. A domesticação ocorreu nesta região, onde é cultivada há mais de 5.000 anos. No Egito e no Médio Oriente é cultivada há mais de 4.000 anos. Disseminou-se pelo mundo e no século XVI foi introduzida na América (ALMEIDA, 2003).

A melancia é uma planta de ciclo curto, de crescimento rasteiro, com várias ramificações que alcançam até 5 m de comprimento, pertencente à família das cucurbitáceas. De acordo com Resende et al (2010) a melancia é uma cultura anual, herbácea, com ramificações sarmentosas e pubescentes. Sendo o caule constituído por ramificações primárias e secundárias podendo assumir disposição radial. Os ramos primários são vigorosos e longos, podendo superar a 10 m nas raças crioulas e 4 m em variedades comerciais. As folhas possuem de 15 a 20 cm de comprimento com disposição alternada e, geralmente, apresentam limbo com contorno triangular, recortado em três ou quatro pares de lóbulos e de margens arredondadas. Possuem ramos modificados conhecidos como gavinhas que facilitam a planta a se fixar no solo. As folhas e as gavinhas se originam a partir de cada nó, sendo que a partir do terceiro, cada nó também se origina as flores. As raízes são pivotantes, concentrando-se a uma profundidade de até 30 cm abaixo da superfície do solo. Sob condições de umidade excessiva do solo ou morte de parte do sistema radicular, os nós também podem originar raízes adventícias.

Quanto à biologia reprodutiva, a melancia é monoica com flores masculinas e femininas separadas, mas também podem ocorrer plantas andromonóicas (flores masculinas e hermafroditas) ou ginandromonóicas (flores masculinas, femininas e hermafroditas). Na fase de floração, há cerca de três a cinco flores masculinas para cada flor feminina. Estas e as hermafroditas possuem ovário súpero em formato similar a forma final do fruto. No processo de polinização as flores ficam abertas durante algumas horas, para não mais abrirem, tendo ou não ocorrido a polinização. O pólen da melancia é pegajoso e os principais polinizadores são abelhas. É necessário que se haja a polinização para que aconteça o desenvolvimento dos

frutos. Para que se tenha um fruto perfeito, é necessário que pelo menos 1.000 grãos de pólen sejam depositados sobre o estigma. O fruto é uma baga indeiscente que varia quanto ao formato, ao tamanho, cor, espessura da casca, cor da polpa, cor e tamanho de sementes. As variedades de melancia cultivadas possuem frutos de diversos tamanhos variando de 1 kg a mais de 30 kg; formas circular elíptica, larga e alongada; cores da superfície externa: verde cana, verde-claro, verde-escuro, amarelo, com ou sem listras e cores internas vermelhas, rosa, amarelo e branco além de inúmeros sabores (RESENDE et al, 2010).

Segundo Minami; Iamauti, (1993); Villa et al., (2001) a cultura da melancia desenvolve-se melhor sob condições de clima quente e baixa umidade relativa do ar, com temperaturas variando entre 18 e 25 °C e limites de 10 a 32 °C. A faixa de temperatura ideal para o crescimento das plantas varia entre de 20 e 30 °C, sem muita variação entre temperaturas diurnas e noturnas. É uma cultura que se mostra bastante sensível a baixas temperaturas e a ventos fortes. Os solos de textura areno-argilosa, profundos e bem estruturados são os mais indicados para a implantação dessa cultura. A melancia é levemente tolerante à acidez do solo, se desenvolvendo bem em pH (H<sub>2</sub>O) de 5,0 a 6,8.

Segundo Carvalho (2005) a melancia, com produtividade média em torno de 20 a 50 t ha<sup>-1</sup>, constitui-se uma das espécies olerícolas de maior expressão econômica e social no Brasil, isso levando em consideração as condições edafoclimáticas da região, do padrão tecnológico empregado, adubação e tratamentos culturais. O baixo rendimento dos cultivos brasileiros está associado a plantios pouco tecnificados e à falta de irrigação e de adubações tecnicamente recomendadas em algumas regiões (LEÃO et al., 2008). Atualmente, a melancieira é cultivada por pequenos e médios produtores carentes de altas tecnologias e, alguns grandes produtores, que fazem uso de tecnologias como irrigação e fertirrigação com sua produção destinada aos mercados nacionais e internacionais (SILVA et al, 2012).

O consumo “*in natura*”, é a principal forma de apreciação do fruto pelo consumidor. Podendo ser consumido na forma de sucos, drinks, geleias, doces, molhos e saladas (PORTELA, 2009). Sabe-se também que as cascas da melancia

são utilizadas, em alguns casos na ração animal, como suplemento alimentar, na forma de farinha.

É cultivada em vários países do mundo, dentre eles: Índia, Irã, Itália e Estados Unidos, com destaque para o continente asiático que é responsável por 85% da produção mundial, enquanto que a África e a Europa representam um volume em torno de 4,5 e 5,0% da produção mundial, respectivamente (RESENDE et al, 2010).

Segundo FAO (2012), a China é o principal produtor dessa cultura, tendo atingido em 2012, a marca de 70 milhões de toneladas de frutos. Nesse mesmo ano, o Brasil, obteve uma produção de 2,07 milhões de toneladas, o que colocou o país na 4ª posição no *ranking* mundial.

No Brasil, segundo IBGE (2012), os estados do Rio Grande do Sul, Goiás, Bahia, São Paulo e Rio Grande do Norte produziram juntos uns totais de 1.208.855 toneladas de melancia, o que representa em termos percentuais 58% da produção nacional.

O estado do Piauí com produção de 58.344 toneladas de melancia é o 5º maior produtor da região Nordeste, ficando atrás dos estados da Bahia, Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco. Em termos percentuais essa produção representa 9% do total produzido pela região Nordeste que foi de 642.489 toneladas (IBGE, 2012).

Segundo IBGE (2012), a região norte do estado do Piauí teve destaque como a maior produtora dessa cultura. Com destaque para os municípios de Barras com uma área plantada em torno de 400 ha e uma produção chegando a 12.000 toneladas e para o município de Jatobá do Piauí com área plantada de 480 ha e produção de 6.120 toneladas.

## **2.2. Necessidade hídrica da melancia**

O suprimento de água para as plantas é determinado pela combinação de elementos meteorológicos interagindo com as culturas além da capacidade de extrair e utilizar a água armazenada no solo (CARLESSO, 1995).

Cerca de 98% dessa água extraída do solo pela planta vai para a atmosfera através da transpiração. Para Reichardt (2004), esse fluxo de água se faz necessário para que ocorra o desenvolvimento vegetativo e manutenção da temperatura, para que isso ocorra é preciso que o suprimento de água deva ser mantido dentro dos limites ótimos para cada cultura. Para Batista et al. (2008), a água é um dos principais insumos limitantes do rendimento da cultura, reduzindo a eficiência do sistema de produção agrícola.

Segundo Martins et al. (1998), a interação estabelecida entre planta, ambiente e práticas fitotécnicas, condicionam respostas fisiológicas e agronômicas da melancia, não só do ponto de vista quantitativo (rendimento), como também qualitativo (características organolépticas e nutricionais) uma vez que essas características, são afetadas pelo manejo da água, cobertura do solo, práticas de tutoramento e poda, entre outros.

Existe um grande número de equações empíricas ou semiempíricas que foram desenvolvidas para calcular a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) a partir de dados meteorológicos, porém a de Penman-Monteith é a recomendada pela FAO- United Nations Organization for Food and Agriculture. A evaporação a partir de uma superfície de água livre pode produzir um índice do efeito integrado da radiação, temperatura do ar, umidade relativa e vento para estimar a evapotranspiração (SANTOS et al., 2004).

Estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação, baseados na evaporação do tanque classe A (ECA), sobre o rendimento da melancia, irrigada por gotejamento, Andrade Jr. et al. (1997) observaram que os níveis de irrigação influenciaram significativamente o rendimento da cultura.

Segundo Andrade et al., (2013), para o conhecimento das necessidades hídricas da melancia, e elaboração de um planejamento racional da irrigação é de extrema importância o conhecimento de fatores como: coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) em todas as fases de desenvolvimento, da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

De acordo com Allen et al., (2006), o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) é obtido experimentalmente através da relação entre a  $ET_c$  e a  $ET_o$ , e representa a integração dos efeitos de quatro características que distinguem a evapotranspiração da cultura e de referência: a altura da cultura, a resistência do dossel vegetativo, o albedo da superfície cultura-solo e a evaporação da água na superfície do solo.

Segundo Andrade et al., (2013) a exigência de água para a cultura da melancia, para um período de 100 dias varia entre 400 e 600 mm, dependendo das condições climáticas, da duração do ciclo e do sistema de irrigação utilizado. Como à medida que a planta se desenvolve as exigências hídricas também aumentam a deficiência hídrica atrasa o crescimento da planta e diminui o tamanho dos frutos. Os estádios mais críticos são o florescimento e a formação da produção (crescimento de frutos), seguida do período de desenvolvimento dos ramos (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

### **2.3. Balanço hídrico de cultivo**

O balanço hídrico é um sistema de monitoramento que contabiliza as entradas e saídas de água no solo, onde são fornecidos dados de precipitação e de demanda atmosférica para serem estimados valores de evapotranspiração da cultura, da deficiência, do excedente e do armazenamento de água no solo (PEREIRA et al. 1997). O seu uso, facilita a quantificação das necessidades de irrigação, das exigências hídricas das culturas em diversas fases fenológicas, além de facilitar o mapeamento das aptidões climáticas de culturas agrícolas. Dentre os diversos métodos para o cálculo do balanço hídrico, mas o mais difundido é o proposto por THORNTHWAITE; MATHER (1955).

Alguns dos modelos desenvolvidos têm a finalidade de quantificar as necessidades de água durante os diversos estádios de desenvolvimento da cultura e podem, de acordo com Camargo e Pereira (1994) ser classificados como: modelos pedológicos, baseados na determinação dos teores de água no solo; modelos físicos, que utilizam de determinações da tensão da água no solo; modelos fisiológicos, fundamentados nas reações da planta às deficiências de água no solo; modelos irrigacionistas, baseados em leituras do tanque “Classe A”; e modelos

climatológicos, baseados no balanço entre precipitação e evapotranspiração da cultura.

Para Andrade Jr., (2000) a metodologia de balanço hídrico têm sido aplicada com o intuito de quantificar as deficiências hídricas e as necessidades de irrigação total e suplementar, informações estas fundamentais para a planejamento da irrigação a nível de propriedade e/ou em escala regional.

Segundo Cintra et al. (2000), o balanço hídrico no solo é utilizado como ferramenta para avaliar a intensidade das saídas e as entradas de água no solo e, por conseguinte, para definição dos períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura. Baseado nisso Souza (2013), estudando balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro, verificou que o armazenamento de água no perfil do solo seguiu as variações da precipitação pluvial e que o fluxo de água na base do solo (ascensão capilar ou drenagem) teve valores muito pequenos.

Através do balanço hídrico de cultivo pode-se verificar a viabilidade do uso da irrigação para as culturas em diferentes épocas do ano, levando em consideração dados meteorológicos de precipitação e evapotranspiração. Neste sentido, Mousinho et al. (2008), através de balanço hídrico de cultivo, verificou que existe viabilidade econômica da irrigação do feijão caupi para o Estado do Piauí.

Andrade Junior (2000), estudando a viabilidade econômica da irrigação para as culturas do feijão caupi e da melancia para as microrregiões do Litoral Piauiense e de Teresina, no Piauí, através do balanço hídrico de cultivo, verificou que o balanço hídrico simulado possibilitou estimativas das lâminas brutas de irrigação e das produtividades das culturas dentro da faixa de valores comumente alcançados, em condições de campo, nas duas localidades estudadas.

#### **2.4. Viabilidade econômica da irrigação**

A avaliação do consumo de água da cultura é de fundamental importância do ponto de vista agrícola, principalmente considerando-se que os recursos hídricos disponíveis são limitados, principalmente nas zonas áridas e semi-áridas (ALVES,1996).

Na região nordeste, principalmente no estado do Piauí, é bastante comum à irregularidade espacial e temporal de chuvas. Esta condição representa grande risco

de perdas das culturas de sequeiro e apresenta uma vantagem para o desenvolvimento da agricultura irrigada, pois a irrigação é uma prática muito importante para as áreas irrigáveis do Nordeste por proporcionar geração de postos de trabalho no período seco do ano (BANCO DO NORDESTE, 2010).

Segundo Mousinho et al (2008) a agricultura, em função das características inerentes à planta, ao solo, ao clima e àquelas associadas à economia, é uma atividade que apresenta risco de alto grau. Por causa da irregular distribuição temporal e espacial das chuvas a disponibilidade hídrica para as culturas constitui-se um dos fatores que mais contribui para a ocorrência destes riscos, principalmente nas regiões áridas e semiáridas.

A irrigação caracteriza-se como recurso tecnológico extremamente importante que contribui para o aumento da produtividade das culturas em regiões onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas o que inviabiliza a exploração agrícola. Entretanto, para Frizzone et al., (1994) a viabilidade econômica é um fator indispensável para sua adoção entre os agricultores.

Para que se determine a viabilidade econômica das culturas é necessário que se leve em consideração fatores como: custos envolvidos no processo de produção de uma dada cultura e receita líquida. Segundo Hoffmann et al. (1978) custo significa a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma. O mesmo autor comenta que os custos podem ser classificados como fixos e variáveis. São fixos, os custos que não variam com a quantidade produzida, e variável, os custos que se alteram de acordo com o nível de produção da empresa. Segundo Curi, (2004) a receita líquida, (RL) é dada pela diferença entre a renda bruta total obtida com a venda da produção das culturas e os custos de produção total que envolve custos de energia, água, sementes, herbicidas, trabalho mecânico, mão de obra, impostos, etc.

Segundo Tavares et al.,(2011) para a determinação da viabilidade econômica da irrigação em uma dada cultura é necessário que se faça uma análise financeira, e a associação dessa análise financeira com a gestão dos recursos hídricos pode ser feita adotando-se restrições relativas à disponibilidade hídrica e se considerando, preferencialmente, a variabilidade sazonal. Além do mais, na análise financeira, se

comparam os benefícios e os custos, em termos monetários, em uma base de tempo comum e para esta finalidade pode-se utilizar indicadores, como a relação custo-benefício, o valor presente líquido e a taxa interna de retorno. Para Frizzone e Andrade Júnior, (2005) um projeto de irrigação é economicamente justificado quando os benefícios totais são maiores que os custos totais.

Segundo Clark et al. (1993) a agricultura irrigada exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos, transporte, controle e distribuição de água; além de gastos com energia e mão-de-obra para operação do sistema, que representam importantes custos adicionais, os quais devem ser pagos pelo incremento de produtividade proporcionado pelo fornecimento de água às plantas. Marques e Coelho (2003) estudando a viabilidade da irrigação na pupunheira com variação no custo da água, na vida útil e o tipo de motor utilizado concluíram que para todas as simulações a irrigação foi viável, e Blanco et al. (2004), estudando a viabilidade econômica da irrigação da manga para o Estado de São Paulo, observaram que a cobrança pela água não inviabilizou a implantação do sistema de irrigação.

Com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi, para o Estado do Piauí, Mousinho et al (2008) utilizando técnicas de geoprocessamento para a espacialização dos resultados, constataram ser viável economicamente, o uso da irrigação independentemente da data de semeadura e capacidade de água disponível no solo utilizadas.

Andrade Jr. (2000) estudando a viabilidade do uso da irrigação das culturas de feijão-caupi e melancia concluiu a viabilidade econômica para diversas, épocas de semeadura, níveis de manejo de irrigação e níveis de riscos nas condições edafoclimáticas das microrregiões do Litoral Piauiense e Teresina, Piauí.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de estudo

O presente trabalho teve como área de abrangência o estado do Piauí, que apresenta 251.577.738 km<sup>2</sup> de área territorial dividida em 224 municípios (IBGE, 2012). É o terceiro maior estado do Nordeste, sendo superado em área apenas pela Bahia e o Maranhão. Está situado entre 2° 44' 49" e 10° 55' 05" de latitude sul e entre 40° 22' 12" e 45° 59' 42" de longitude oeste. (FUNDAÇÃO CEPRO, 2003).

O estado do Piauí, segundo a classificação proposta por Köppen, possui três tipos de climas, sendo Aw, Aw' e BSh. O tipo Aw, caracteriza-se quente e úmido com chuvas no verão, ocorre nas regiões centro-sul e sudoeste do estado. O período chuvoso acontece nos meses de novembro a março, sendo novembro, dezembro e janeiro os meses com maior intensidade de chuvas. Nestas regiões os meses de junho, julho e agosto compreendem os mais secos, e as chuvas variam entre 1.000 a 1400 mm anuais. O tipo Aw', caracterizado como quente e úmido com chuvas de verão e outono ocorrem na região norte do estado. Nessa região, no período de janeiro a maio ocorre a estação chuvosa, sendo fevereiro, março e abril os meses com maior intensidade de chuvas e agosto, setembro e outubro os meses mais secos do ano, a precipitação pluviométrica nessa região varia entre 1000 a 1800 mm anuais. O tipo BSh, acontece no semiárido, na região sudeste do estado, nessa mesma região a estação chuvosa é curta e ocorre no verão compreendida entre os meses de dezembro a abril com precipitações variando entre 400 e 800 mm anuais, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março os mais chuvosos e julho, agosto e setembro os mais quentes e secos do ano (MEDEIROS, 1996).

Levando em consideração dados climatológicos do estado do Piauí, o total de insolação anual ultrapassam as 2600 h anuais. No extremo Norte do Estado, onde se situam os municípios litorâneos são encontrados os maiores valores, em média, entre 2900 e 3000 horas anuais. A região Sudeste apresenta valores entre 2800 e 2900 horas anuais. Enquanto que do Oeste ao Sul do Estado, os valores situam-se entre 2700 e 2800 horas de insolação por ano. Os valores menores são observados no médio Parnaíba, com 2600 a 2700 horas anuais de insolação. A umidade relativa do ar no estado varia de 40 e 45% na região centro-sul e sudeste a valores superiores a 80% na região norte do estado (ANDRADE Jr et al. 2004). A

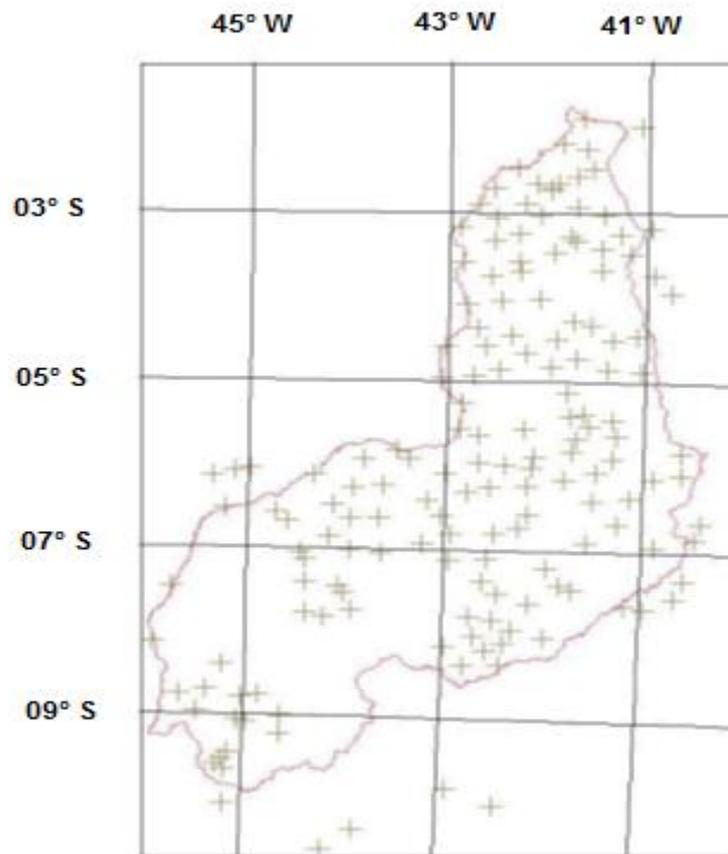
temperatura média anual varia de 24,1 a 27,8°C e os ventos são normalmente fracos com velocidade média a 2,0 m de altura inferior a 2,0 m s<sup>-1</sup> de acordo com dados disponibilizados pelo Centro de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande.

Os solos do Piauí são na maioria extremamente intemperizados, ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes, dentre os quais, as unidades mapeadas como Latossolos amarelos representam aproximadamente 50% da área total (SEMAR, 2005). Podendo ser encontrado Neossolos, Argissolos, Nitossolos e Luvisolos (EMBRAPA, 2006). Os solos do Estado são em geral de média a baixa fertilidade natural, porém possuem grande potencial agrícola devido às condições físicas e topografia pouco acidentada além da grande variabilidade na capacidade de armazenamento de água.

O Estado do Piauí está situado em um complexo denominado Meio-norte ou Nordeste Ocidental que é marcada por uma zona de transição entre o domínio amazônico e o semiárido nordestino (LEMOS, 2004). A distribuição das populações de espécies vegetais, chamadas áreas de transição, está ligada principalmente a elementos climáticos, embora os fatores geomorfológicos e edáficos sejam determinantes (EMPERAIRE, 1989). A predominância dos fatores geomorfológicos e edáficos, isoladamente ou em conjunto, contribuem para que alguns biomas sejam mais representativos no Estado, como: a caatinga arbórea e arbustiva na região Leste e Sudeste, o cerrado, cerradão e campo cerrado no Centro-Oeste e Leste, as florestas dos vales do baixo e médio Parnaíba e a formação pioneira, mangue e aluvial no litoral (PIAUI, 2009).

### **3.2. Precipitação pluviométrica**

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados dados diários de precipitações pluviométricas provenientes de registros da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalados em 165 localidades, destas, 145 postos estão no território piauiense e 20 divididos nos estados de Ceará, Bahia, Maranhão e Pernambuco. Cada posto apresenta uma série de 15 anos de dados pluviométricos com exceção de dois que apresentam apenas 14 anos.



**Figura 1.** Localização geográfica dos postos pluviométricos onde foram obtidos os dados diários de precipitação pluviométrica.

### 3.3. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi estimada em escala diária de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948). Como alguns locais não dispunham de temperatura média do ar, estas foram estimadas através de equações de estimativa de média mensal de temperatura baseadas na latitude, longitude e altitude da localidade conforme proposto por Lima e Ribeiro (1998). De acordo com as equações obtiveram-se temperaturas médias do ar, mensais para cada um dos 165 postos meteorológicos, podendo-se a partir destes valores estimarem a  $ET_0$  mensal que dividido pelo número de dias que compõe cada mês, obteve-se a  $ET_0$  diária.

Como não houve alterações significantes nos valores da  $ET_0$  de um ano para outro, para a execução dos balanços hídricos diários, considerou-se os valores iguais para todos os anos da série histórica de precipitações pluviométricas.

### 3.4 Datas de semeadura

Tanto para as condições de sequeiro quanto para as condições irrigadas, foram simuladas para doze datas de semeaduras sendo o primeiro dia de cada mês a data padrão para semeadura.

### 3.5 Parâmetros da cultura

Para fins de execução de balanços hídricos diários, considerou-se o ciclo da cultura da melancia igual a 65 dias para todas as épocas de semeadura. Considera-se como ciclo da cultura o período que compreende desde a emergência das plântulas até a maturação fisiológica dos frutos.

Para a estimativa da evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>), utilizou-se o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) obtidos em trabalhos científico realizados em condições edafoclimáticas semelhantes a do presente trabalho, tendo como orientação valores recomendados por Doorembos e Kassam (2000).

As fases de desenvolvimento e os valores do K<sub>c</sub> da cultura de acordo com Doorembos e Kassam (2000) estão divididas na Tabela 1, da seguinte forma: I – emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo (DV); II – de 10% até 80% do DV (início da floração); III – de 80% até 100% do DV (floração e frutificação); IV – maturação (início da maturação até a colheita).

**Tabela 1.** Coeficientes de cultivo para todas as fases de desenvolvimento da melancia.

Fase	Dias após a semeadura (DAS)	K <sub>c</sub>
I	0 – 20	0,55
II	21 – 45	0,80
III	46 – 60	1,05
IV	61 – 70	0,75

Para a obtenção das CAD's utilizou-se a profundidade efetiva das raízes da melancia igual 0,25m. Esse foi constante durante todo o ciclo da cultura nas condições de sequeiro e irrigado.

### 3.6. Parâmetros do solo

No estado do Piauí existe uma grande variabilidade de solos cada uma com uma capacidade de retenção de água específica. Diante disto, para a determinação dos balanços hídricos de cultivo foram utilizados valores constantes que representam solos com baixa, média e alta capacidade de retenção de água. Para os solos com baixa capacidade de retenção utilizou-se o valor de 20 mm, 40 mm para média e 60 mm para alta capacidade de retenção. Sendo esses valores representativos para os diferentes tipos de solos no estado do Piauí, conforme Mousinho (2005).

### 3.7. Balanços hídricos

Para a execução dos balanços hídricos de cultivo (BHC), utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Matther (1955) e descrita por Pereira et al. (2002), sendo os mesmos em escala diária, para todo o ciclo da cultura da melancia tanto para o regime de sequeiro quanto para irrigado. Levando-se em consideração todos os anos das séries históricas de dados coletados nos 165 postos meteorológicos, as doze datas de semeaduras e as três CAD's (20, 40 e 60 mm). Para isto, utilizaram-se planilhas desenvolvidas com uma rotina computacional na linguagem de programação (Macros) visual basic vinculada à planilha eletrônica Microsoft Excel 2010, com opção de realização das simulações através do método de Monte Carlo.

Nem toda chuva que ocorre num determinado local torna-se disponível para as plantas, mas para que estas chuvas fossem utilizadas no BHC, estimaram-se precipitações efetivas diárias utilizando-se uma porcentagem fixa do total de chuvas diárias. De acordo com Sampaio et al. (2000), essa porcentagem fixa é definida como precipitação efetiva com probabilidade de excedência respectiva à porcentagem aplicada. Para as condições do presente trabalho a porcentagem utilizada foi de 75%, seguindo as recomendações de Silva et al. (1988), Bernardo (1989), e Doorenbos e Pruitt (1997), usando a CAD como limite da precipitação efetiva, de acordo com adaptação da Embrapa (2003), sendo:

$$P_{ef_i} = P_{t_i} \text{ se } P_{t_i} \leq CAD \quad (1)$$

$$P_{ef_i} = 0,75 P_{t_i} \text{ se } P_{t_i} > CAD \quad (2)$$

em que:

$P_{ef_i}$  – precipitação efetiva ocorrida no dia  $i$ , L;

$P_{t_i}$  – precipitação total ocorrida no dia  $i$ , L;

Nos balanço hídricos para a cultura irrigada, a lâmina de irrigação foi utilizada sempre para elevar o armazenamento de água pelo solo à sua capacidade de campo antes que as plantas consumissem a água facilmente disponível. Segundo Pereira et al. (2002), a fração da CAD que pode ser facilmente retirada do solo pela planta sem que ocorra déficit hídrico é denominada de Água Facilmente Disponível (AFD). Representada por:

$$AFD = f \text{ CAD} \quad (3)$$

em que:

AFD – água facilmente disponível, L;

$f$  – fração de esgotamento da água no solo, adimensional.

Desta maneira, para a realização do balanço hídrico da cultura irrigada, as irrigações foram realizadas quando a água facilmente disponível fora consumida. A fração  $f$  varia de acordo com a cultura, com sua fase de desenvolvimento e conseqüentemente com suas necessidades hídricas. Sendo assim, para fins práticos utilizam-se valores fixos. Para a realização deste trabalho, o valor de  $f$  utilizado foi 0,5 atendendo recomendação de Doorenbos e Kassam (2000).

Para a estimativa das lâminas brutas, nas condições de cultura irrigada, o sistema de irrigação adotado foi por aspersão convencional, com 75% de eficiência pré-fixada. Uma vez que este método é o mais utilizado pelos agricultores do estado do Piauí.

Os BHC's foram realizados para as 165 localidades utilizando uma combinação entre as datas de semeadura (doze) e as CAD's (três), tanto para as condições de sequeiro quanto para as condições irrigadas. Os BHC's para as condições de sequeiro foram realizados de forma a se verificar a viabilidade econômica da implementação do cultivo irrigado da melancia.

Os resultados dos balanços hídricos diários para todo o ciclo da cultura da melancia para todas as localidades, para a condição de sequeiro, foram simulados a partir das combinações entre as datas de semeadura e as CAD's, a evapotranspiração máxima (ETm) e a evapotranspiração real (ETr). Já para as condições de cultivo irrigado, foram obtidos valores de ETm e ETr bem como valores de lâminas bruta de irrigação necessária, sendo que para essa condição irrigada, por não haver déficit hídrico no solo o valor da ETr foi igual ao valor da ETm. Os resultados dos balanços hídricos obtidos foram utilizados para a estimativa do rendimento relativo e receita líquida do cultivo cultura da melancia.

### 3.8. Rendimento relativo da cultura da melancia

A ocorrência de déficits hídricos pode se dar, tanto durante todo o ciclo de uma cultura, como em uma ou mais fases de desenvolvimento da mesma e este déficit está associado à redução percentual na sua produtividade máxima. Para Frizzone (1998), quando existe uma dependência entre os efeitos do déficit hídrico e os estádios fenológicos da cultura, a melhor maneira de se obter o rendimento relativo é através de um modelo multiplicativo entre rendimento potencial da cultura e o déficit de evapotranspiração. Um modelo multiplicativo proposto por Rao et al. (1988) e apresentado por Frizzone (2005) está representado a seguir.

$$Y_r = Y_m \left\{ \prod_{i=1}^4 \left[ 1 - K_{y_i} \left( 1 - \frac{ET_{r_i}}{ET_{m_i}} \right) \right] \right\} \quad (4)$$

em que:

$Y_r$  – produtividade real da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

$Y_m$  – produtividade máxima ou potencial da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

$K_{y_i}$  – fator de resposta da cultura ao déficit hídrico na fase  $i$ , adimensional;

$ET_{r_i}$  – evapotranspiração real da cultura na fase  $i$ , mm;

$ET_{m_i}$  – evapotranspiração máxima da cultura na fase  $i$ , mm.

Os valores de  $K_y$  para a maioria das culturas são determinados supondo-se que a relação entre o rendimento relativo e a evapotranspiração relativa ( $ET_r/ET_m$ ) seja linear e válidas para déficit hídricos até 50%, ou seja,  $(1 - ET_r/ET_m) = 0,5$ . Utilizaram-se os mesmo valores de  $K_y$  para todas as condições de déficit uma vez que não se conhecia o grau de déficit sofrido nas diversas simulações. Os valores

de  $K_y$  para cada fase de desenvolvimento da cultura da melancia, utilizados para a estimativa do rendimento relativo, levou em consideração valores propostos por Doorembos; Kassam (2000) estão representados da Tabela 2.

**Tabela 2.** Fator de resposta ao déficit hídrico ( $K_y$ ) para cada fase de desenvolvimento da melancia.

Fase	Dias após a semeadura (DAS)	$K_y$
I	0 – 20	0,30
II	21 – 45	0,70
III	46 – 60	1,00
IV	61 – 70	0,55

O rendimento potencial ou máximo de uma cultura ( $Y_m$ ), segundo Doorembos e Kassam (2000) é obtido pelo cultivo de uma variedade altamente produtiva bem adaptada, com ótimas condições de fatores de produção, sem nenhuma limitação de qualquer fator que possa comprometer seu máximo desenvolvimento, como pragas, doenças e ervas daninhas. Como em nível de campo é muito difícil encontrar essas condições, uma estimativa aproximada do rendimento potencial pode ser obtida em nível de campo ou experimental em condições edafoclimáticas de interesse (MOUSINHO, 2005). Baseado em pesquisas e projetos locais, para as condições do presente trabalho utilizou-se um rendimento potencial da cultura da melancia de 30.000 kg ha<sup>-1</sup> por ser um valor facilmente obtido para a maioria das cultivares plantada no estado.

Os valores diários de  $E_{Tr}$  e  $E_{Tm}$  foram fornecidos nos balanços hídricos, mas os valores utilizados na eq. (4) foram valores médios para todas as fases de desenvolvimento da melancia. Desta maneira o número de séries de valores de rendimento relativo é igual ao número de séries de anos de dados pluviométricos, para todos os 165 postos de coletas de dados pluviométricos, para todas as combinações de datas de semeadura e CAD's.

### 3.9. Simulação do rendimento relativo e lâmina bruta

Antes da simulação, realizou-se o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, para todas as séries de rendimento relativo e lâminas brutas obtidas através dos BHC's. Depois de confirmado o ajuste dos dados

à distribuição de probabilidade normal e através dos parâmetros média e desvio padrão, realizou-se através do método de Monte Carlo, mil simulações, resultando para cada localidade estudada a obtenção de mil valores de rendimento relativo para todas as combinações de datas de semeadura e CAD, para o cultivo de sequeiro; mil valores de rendimento relativo e mil valores de lâmina bruta para as combinações de datas de semeadura e CAD, para a condição de cultivo irrigado.

O processo de simulação pelo método de Monte Carlo foi realizado através da expressão apresentada por Frizzone e Silveira (2000).

$$RSi = \frac{\sigma}{\sqrt{\frac{m}{12}}} \sum_{i=1}^m r_i + \left[ \mu - \frac{m}{2} \frac{\sigma}{\sqrt{\frac{m}{12}}} \right] \quad (5)$$

em que:

RSi – rendimento relativo simulado;

$\sigma$  – desvio padrão da amostra;

m - quantidade de números aleatórios gerados;

$\mu$  - média da amostra;

$r_i$  – número aleatório gerado.

Para eliminar os termos da raiz quadrada da eq. (5), optou-se pela utilização de doze números aleatórios para a simulação de cada valor de (RSi), com isso simplificou-se a eq. (5) em:

$$RSi = \sigma \sum_{i=1}^m r_i + (\mu - 6\sigma) \quad (6)$$

### 3.10. Análise econômica sob condição de risco

Para a análise econômica, considerou-se apenas o risco climático, que foi ocasionado pela variação das chuvas. Este risco foi inserido em virtude das estimativas de valores de rendimento relativo para a condição de sequeiro e de valores de lâmina bruta e rendimento relativo para a condição de cultivo irrigado.

O nível de risco utilizado foi de 25%, constituindo o complemento percentual para se atingir a condição de certeza em relação aos valores de probabilidade de ocorrência de 75%.

De posse dos mil valores de rendimento relativo e lâmina bruta e utilizando-se a função inversa da distribuição normal, estimaram-se valores de rendimento relativo e lâmina bruta quando necessário, com probabilidade de ocorrência 75%, com níveis de risco de 25%.

Para fins de análise, o custo da água foi estimado através do custo da energia elétrica consumida pelo sistema de irrigação por aspersão convencional que aplica a lâmina requerida pela cultura durante todo o seu ciclo. Desta maneira, o custo da energia elétrica foi estimado através da equação adaptada por Frizzone (2005):

$$CE_{ijk} = \frac{10 I_{ijk} H_m \gamma_a}{3,6 \cdot 10^6 \eta} T_c \quad (7)$$

em que:

$CE_{ijk}$  - custo da energia elétrica, durante o ciclo da melancia no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$I_{ijk}$  - lâmina bruta de irrigação necessária durante o ciclo da melancia no local i, na época de semeadura j, na capacidade de água disponível k, mm;

$H_m$  - altura manométrica, 60 m;

$\gamma_a$  - peso específico da água, 9.806,65 N m<sup>-3</sup>;

$\eta$  - eficiência global do conjunto eletrobomba, 0,65;

$T_c$  - tarifa de consumo de energia elétrica referente ao período do ciclo da melancia, R\$ 0,303 kWh<sup>-1</sup>.

Para a estimativa do custo de energia elétrica (CE) o valor da tarifa utilizado foi conseguindo junto a Companhia Energética do Piauí no mês de outubro de 2014 (0,303 R\$ kWh<sup>-1</sup>), representando o valor cobrado ao consumidor rural, sem os subsídios da lei estadual de incentivo à irrigação.

O custo de produção (CP) da cultura da melancia, exceto o custo da água foi de R\$ 4800,00 ha<sup>-1</sup>. Este custo é um valor médio baseado em projetos financiados pelo Banco do Nordeste do Brasil. No referido custo, não foi incluso os custos de comercialização e seguro, uma vez que estes representam um pequeno percentual do custo total.

Para a realização do presente estudo, o preço de venda da melancia utilizado foi de R\$ 0,35 por kg, sendo esse o valor de aquisição da CEAPI junto ao produtor (outubro de 2014).

O custo fixo anualizado (CF) referente á amortização do sistema de irrigação foi de R\$ 875,88 sendo este estimado através do fator de recuperação de capital:

$$CF = C \text{ FRC} \quad (8)$$

em que:

$$\text{FRC} = \left[ \frac{(1+j)^n j}{(1+j)^n - 1} \right] \quad (9)$$

em que:

CF – custo fixo anual de amortização do equipamento de irrigação;

C – custo de aquisição de um sistema de irrigação por aspersão convencional, R\$ 5000,00 ha<sup>-1</sup>;

FRC – fator de recuperação de capital;

j – taxa anual de juros, 11,75;

n – vida útil do sistema de irrigação, 10 anos.

Os custos totais de produção da cultura foram obtidos por:

$$CTI_{ijk} = CP + CE_{ijk} + CF \quad (\text{cultivo irrigado}) \quad (10)$$

$$CTS_{ijk} = CP \quad (\text{sequeiro}) \quad (11)$$

em que:

CTI<sub>ijk</sub> – custo total de produção da melancia irrigada, no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

CTS<sub>ijk</sub> – custo total de produção da melancia em regime de sequeiro, no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

CP – custo de implantação da cultura, R\$ 4.800,00 ha<sup>-1</sup>;

$CE_{ijk}$  – custo de energia elétrica, durante o ciclo da melancia, no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

CF – custo fixo anual de amortização do sistema de irrigação, R\$ 875,88 ha<sup>-1</sup>.

As receitas líquidas (RL) esperadas com o cultivo da melancia em condições de cultivo irrigado e sequeiro para cada local e condição de simulação, com determinado nível de risco, foram estimados a partir dos rendimentos relativos e das lâminas brutas obtidas para todas as situações através das seguintes expressões:

$$RLI_{ijk} = RBI_{ijk} - CTI_{ijk} \quad (\text{cultura irrigada}) \quad (12)$$

$$RLS_{ijk} = RBS_{ijk} - CTS_{ijk} \quad (\text{sequeiro}) \quad (13)$$

em que:

$$RBI_{ijk} = YIr_{ijk} Pf \quad (\text{cultura irrigada}) \quad (14)$$

$$RBS_{ijk} = YSr_{ijk} Pf \quad (\text{sequeiro}) \quad (15)$$

em que:

$RLI_{ijk}$  – receita líquida obtida pelo cultivo irrigado da melancia no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$RLS_{ijk}$  – receita líquida obtida pelo cultivo de sequeiro da melancia no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$RBI_{ijk}$  – receita bruta obtida pelo cultivo irrigado da melancia no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$RBS_{ijk}$  – receita bruta obtida pelo cultivo de sequeiro da melancia no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$CTI_{ijk}$  – custo total da produção da melancia irrigada no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$CTS_{ijk}$  – custo total da produção da melancia de sequeiro no local i, época de semeadura j, capacidade de água disponível k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$Y_{lr_{ijk}}$  – rendimento real da melancia irrigada, no local  $i$ , época de semeadura  $j$ , capacidade de água disponível  $k$ , R\$ ha<sup>-1</sup>;

$Y_{Sr_{ijk}}$  – rendimento real da melancia de sequeiro no local  $i$ , época de semeadura  $j$ , capacidade de água disponível  $k$ , R\$ ha<sup>-1</sup>;

$P_f$  – preço médio de venda da melancia R\$ 0,35/kg.

### 3.11. Espacialização das receitas líquidas

Para a espacialização das receitas líquidas da cultura da melancia para o estado do Piauí, em regime de sequeiro e irrigado e elaboração dos respectivos mapas temáticos para todas as combinações de épocas de semeadura e CAD's, foram realizadas análises exploratórias dos dados coletados nas 165 localidades para se verificar o ajuste dos mesmos à distribuição normal.

Com a hipótese da normalidade dos dados confirmada, considerando-se que para a realização de estudos geoestatísticos o ajuste dos mesmos a esta distribuição pode ser apenas aproximado (Warrick e Nielsen, citados por Gonçalves et al., 2001) foram gerados semivariogramas experimentais utilizando o software GS+ - geostatistics for the environmental sciences (Robertson, 1998), por meio do estimador apresentado por Journel (1989):

$$\hat{Y}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} [Z(s) - Z(s+h)]^2 \quad (16)$$

em que:

$\hat{Y}(h)$ - semivariância;

$Z(s)$  – valor da variável na posição “s”,

$Z(s+h)$  – valor da variável numa posição “s+h”,

$N(h)$  – número de pares de dados separados por uma distância “h”.

Após a geração dos semivariogramas experimentais, foram realizados ajustes dos mesmos a um modelo matemático teórico. A partir da análise dos modelos dos semivariogramas ajustados, assim como dos seus coeficientes: efeito pepita,

alcance e patamar, foram realizados o estudo da variabilidade espacial das receitas líquidas obtidas do cultivo da melancia para o estado do Piauí considerando as diversas situações de cultivo e risco impostas á cultura.

Com a confirmação da continuidade espacial dos valores de receitas líquidas da cultura da melancia para todas as situações, que foram estimadas para cada posição (s), não amostradas por meio de “krigagem” ordinária utilizando-se o software spring 5.2.7. (CÂMARA et al., 1996).

O estimador da krigagem ordinária é dado por:

$$Z_{X_0}^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{X_i} \quad (17)$$

em que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (18)$$

em que:

$Z_{X_0}^*$  – valor estimado da variável no local  $X_0$ ;

$Z_{X_i}^*$  – valor da variável na posição vizinha  $i$ , conhecida;

$\lambda_i$  – fator de ponderação.

Os valores para a receita líquida foram especializados para todo o estado do Piauí a partir dos valores da interpolação por “krigagem” ordinária, utilizando-se o software spring 5.2.7, segundo orientação de Câmara et al., (1996). Realizou-se o fatiamento em seis classes temáticas de receitas líquidas, obtendo-se, com isso, os mapas temáticos de receitas líquidas de cultivos irrigado e sequeiro da cultura da melancia para todas as combinações de datas de semeaduras e CAD, recortando-se o plano de informação para os limites do estado do Piauí.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 CAD e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí**

#### **4.1.1 Cultivo de Sequeiro**

No cultivo de sequeiro, de acordo com os mapas temáticos (Figuras 1,2 e 4 – Anexo A) observou-se que os valores das receitas líquidas aumentaram conforme acréscimo das CAD's na condição de risco estudada, nas datas de semeadura de janeiro a abril e outubro a dezembro. Resultados semelhantes foram observados por Mousinho (2005) que estudando viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no estado do Piauí, levando em consideração diferentes capacidades de armazenamento de água pelo solo, viu que as receitas líquidas aumentaram à medida que houve aumento da CAD. Isso mostra que a CAD foi o fator limitante no aumento das receitas líquidas. Nos meses de maio (a partir da CAD de 40 mm), junho, julho, agosto e setembro as receitas líquidas foram menor que zero (Figuras 2 e 3 - Anexo A).

Na CAD de 20 mm, no mês de janeiro, 24,41% da área do estado obteve receitas distribuídas entre quatro classes conforme Figura 1 – Anexo A. Com o aumento da CAD para 40 mm, essa área aumentou para 82,21 e 93,63% com a CAD 60 mm. Nos meses de fevereiro, março, abril e maio conforme Figura 1 e 2 – Anexo A, na CAD de 20 mm, as áreas do estado que obtiveram receitas diminuíram ao longo desse período, com resultados de 34,06, 19,68, 3,11 e 0,06% respectivamente. Influenciando no saldo de receitas líquidas que diminui ao longo desses meses. Com a CAD de 40 mm, a área de receitas, apesar de maiores que a CAD anterior, também diminuíram com o passar dos meses (67,55, 32,47, 6,67 e 0,0%) fevereiro, março abril e maio, respectivamente. O mesmo aconteceu para a CAD de 60 mm, 94,07, 54,46, 13,53 e 0,0% respectivamente. Isto ocorreu devido à diminuição das chuvas, que ao longo desses meses não foram suficiente para suprir as necessidades da planta. O que levou à diminuição das produtividades, uma vez que as plantas em déficit hídrico não conseguem expressar seu potencial produtivo.

Os meses que compreendem maio a setembro, como não houve precipitação pluvial, as receitas foram menores que zero. A partir de outubro de acordo com a Figura 4 – Anexo A, com o início das precipitações pluvial algumas áreas do estado começam a apresentar receitas que também aumentaram de acordo com o aumento

das CAD's e com o passar dos meses sendo que para a CAD de 20 mm, as áreas de receitas representaram 2,01, 6,41 e 3,90% do estado, nos meses de outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Na CAD de 40 mm nesse mesmo período, essas áreas corresponderam a 5,20, 21,95 e 54,74% e na CAD de 60 mm 13,11, 31,58, e 76,32%, respectivamente. Mostrando que houve acréscimo nas áreas de receitas conforme houve aumento das CAD's. Esse acréscimo pode ter ocorrido em função do período chuvoso, o que diminuiu a escassez de água e possibilitou que a planta pudesse começar a expressar seu potencial produtivo.

#### **4.1.2 Cultivo Irrigado**

Nas condições de cultivo irrigado, no primeiro trimestre (Figura 5 – Anexo B) as receitas líquidas variaram em apenas três classes (de R\$ 2000,00 – R\$ 3000,00; R\$ 3000,00 – R\$ 4000,00; acima de R\$ 4000,00). Sendo que no mês de janeiro na CAD de 20 mm a classe de R\$ 2000,00 – 3000,00 representou 5,12% da área do estado sendo esta localizada sudeste e sudoeste piauiense. A área que obteve receitas acima de R\$ 4000,00 ha<sup>-1</sup> está localizada na região norte do estado e corresponde a 0,54% do território piauiense. Essa área triplicou com a CAD de 40 mm, chegando a um total de 1,70% do território no centro-norte e norte do estado e com a CAD de 60 mm, a área obteve aumento doze vezes maior que a primeira CAD correspondendo a 6,80% do território distribuídas entre as regiões norte, centro-norte e sudeste do estado. A classe R\$ 3000,00 – R\$ 4000,00 representou 94,34% do território estadual abrangendo todas as regiões. No mês de fevereiro (Figura 5 – Anexo B) as receitas líquidas acima de R\$ 4000,00 ha<sup>-1</sup> representaram 7,77% do local estudado (regiões centro-norte e norte), na CAD de 20 mm. Esse valor aumentou para, 12,18% na CAD de 40 mm (regiões centro-norte, norte e sudoeste) e 17,23% na CAD de 60 mm (regiões centro-norte, norte e sudoeste). Em março (Figura 5 – Anexo B) essa área foi de 5,06%, na CAD de 20 mm (regiões centro-norte e norte) e triplicou na CAD de 60 mm com um total de 15,62% (centro-norte e norte).

No período compreendido entre maio a dezembro, na CAD de 20 mm, as receitas líquidas ficaram distribuídas em duas classes com valores variando entre R\$ 2000,00 e R\$ 4000,00 ha<sup>-1</sup> (Figuras 6, 7, 8 – Anexo B). Com exceção de julho 20 mm (três classes). Na CAD 40 e 60 mm essas receitas variaram entre

R\$ 1000,00 e R\$ 3000,00 ha<sup>-1</sup> nos meses de maio a setembro. Com o início do período chuvoso (outubro) essas receitas aumentaram e atingiram a classe de R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00 ha<sup>-1</sup> sendo que em dezembro o retorno econômico chegou à classe superior a R\$ 4000,00 ha<sup>-1</sup> para as três CAD's. Esse incremento das receitas no período chuvoso se dá pela diminuição do consumo de energia elétrica uma vez que a irrigação é utilizada apenas para complementar, quando necessário, a lâmina requerida pela planta.

## **4.2 Datas de semeadura e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí**

### **4.2.1 Cultivo de sequeiro**

Para o cultivo da melancia em condição de sequeiro, de acordo com os mapas temáticos, existe viabilidade econômica para as combinações de datas de semeadura, CAD's e região de cultivo na condição de risco estudada apenas para as datas de semeadura de janeiro a abril e outubro a dezembro conforme as Figuras 1, 2 e 4 – Anexo A. Já nas datas de maio a setembro (Figuras 2 e 3 – Anexo A) independente de CAD e região de plantio, não houve viabilidade, uma vez que as precipitações foram escassas ou insuficientes para suprir as necessidades da cultura da melancia. Com a retomada das chuvas, no mês de outubro, algumas áreas do estado começaram a apresentar receitas líquidas positivas.

As porcentagens de áreas e suas respectivas receitas, nas doze datas de semeadura estão representadas nas Tabelas 3, 4 e 5. Analisando a Tabela 3, na CAD de 20 mm, as receitas variaram de acordo com as datas de semeadura, sendo que os quatro primeiros meses do ano obtiveram as maiores receitas e os três últimos meses do ano as menores receitas. Ficando as datas de maio a setembro com prejuízo total, que tem como consequência a estiagem das chuvas.

**Tabela 3** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 20 mm e risco de 75%.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/ 2	1/3	1/ 4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	75,59	65,94	80,32	96,89	99,94	100,0	100,0	100,0	100,0	97,99	93,59	96,10
0-1	17,26	9,41	6,42	2,78	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	1,24	6,11	3,21
1-2	5,58	11,15	6,32	0,30	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,46	0,30	0,62
2-3	1,54	8,91	4,79	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,31	0,0	0,07
3-4	0,04	3,59	1,76	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>4	0,0	0,99	0,39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* Receita líquida em R\$ 1000,00 por hectare.

Apesar de sete datas de semeadura apresentar receitas líquidas positivas, na CAD de 20 mm (Tabela 3) vale ressaltar que a data de 1° de fevereiro obteve as maiores porcentagens do estado dentro das maiores classes de rendimentos, com 0,99% da área na classe superior a R\$ 4000,00 e 3,59% na classe R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00 (região centro-norte e norte do estado) conforme Figura 1 – Anexo A. Isso se deve ao período chuvoso que diminui os custos com irrigação, e consequentemente o custo de produção da melancia. Estudando espacialização das lâminas de irrigação para a cultura da melancia no estado do Piauí em diferentes datas de semeadura, Oliveira (2014), encontrou as menores lâminas de irrigação nos três primeiros meses do ano, fortalecendo assim, os resultados encontrados no presente trabalho.

A data de 1° de fevereiro, na CAD de 40 mm e condição de risco estudada, (Tabela 4) obteve áreas com receitas líquidas positivas maiores que os da CAD 20 mm. Porém essa data de semeadura, nas três CAD's foi a que ocupou as maiores áreas com as maiores receitas líquidas em comparação com as outras datas de semeadura estudadas (Figura 1 – Anexo A). Na CAD 20 mm de acordo com a Tabela 3 a área que apresentou receitas positivas representou um total de 34,06 % do território estudado e 65,94% com receitas menores que zero. Com o aumento da CAD pra 40 mm (Tabela 4) a área com receita menor que zero diminuiu cerca de 50 % enquanto que as áreas com receitas acima de zero passou de 34,06 % para 67,55 % com valores variando entre todas as classes estudadas sendo 23,23 % na classe de zero a R\$ 1000,00, 19,30 % na classe, R\$ 1000,00 a R\$ 2000,00, 13,73%

na classe, R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00, 10,41 % na classe, R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00 e 0,86 % na classe acima de R\$ 4000,00.

A data de 1° de outubro, em todas as CAD's foi a que apresentou as menores receitas líquidas em comparação a todas as outras datas de receitas positivas conforme tabela 3, 4 e 5. Nessa data inicia-se o período chuvoso no estado do Piauí, segundo a classificação climática proposta por Köppen e descrita por Medeiros (1996) com isso poucas áreas apresentaram receitas líquidas positivas. Nessa data se semeadura na CAD 20 mm (Tabela 3), apenas 2,01 % do estado obteve receitas líquidas positivas com classes variando de zero a R\$ 1000,00 (1,24% do território), R\$ 1000,00 a R\$ 2000,00 (0,46 %) e R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00 (0,31% do território) (região sudoeste do estado de acordo com Figura 4 – Anexo A). Com o aumento da CAD pra 40 mm (Tabela 4) essa área mais que dobrou chegando a 5,20 % do território (sudoeste do estado conforme Figura 4 - Anexo A).

**Tabela 4** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 40 mm e risco de 75%.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	17,79	32,45	67,53	93,33	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,80	78,05	45,26
0-1	32,03	23,23	6,31	3,51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,75	16,64	32,47
1-2	29,24	19,30	8,01	3,14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,45	4,71	18,46
2-3	18,70	13,74	10,28	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,60	3,33
3-4	2,25	10,41	7,08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,49
>4	0,0	0,86	0,79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* Receita líquida em R\$ 1.000,00 por hectare.

Oliveira (2014), estudando espacialização das lâminas de irrigação para a cultura da melancia no estado do Piauí em diferentes datas de semeadura encontrou no mês de outubro, as maiores lâminas de irrigação para esta cultura. Esse aumento se deu porque nesse mês é encontrada a maior média de evapotranspiração de referência do ano para o estado do Piauí, conforme estudo realizado por Gomes et al. (2005). As datas de maio a setembro apresentaram receitas na classe menor que zero para todas as CAD's estudadas de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5 e as Figuras 2 e 3 – Anexo A. Em estudo semelhante a este, para as mesmas

condições de clima, solo e ciclo produtivo, porém utilizando uma cultura diferente (feijão-caupí), Mousinho (2005), observou que para as datas de semeadura de 1° de maio a 1° de setembro, não houve viabilidade no cultivo de feijão-caupí em condição de sequeiro. Nestes meses, segundo a classificação climática proposta por Köppen e descrita por Medeiros (1996) as chuvas são escassas em todas as regiões do estado, fato este que pode ter inviabilizado os cultivos de sequeiro para todas as regiões do estado.

Analisando a Tabela 5, verificou-se que o aumento da CAD para 60 mm influenciou no aumento das áreas com receitas líquidas para todas as datas de semeadura com exceção das datas de 1° de maio a 1° de setembro onde as receitas foram menores que zero.

**Tabela 5** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo de sequeiro da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 60 mm e risco de 75%.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	6,37	5,93	45,54	86,47	100	100	100	100	100	86,89	68,42	23,68
0-1	11,19	26,82	22,32	7,47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,59	9,44	22,16
1-2	32,73	25,17	7,35	3,63	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,10	16,58	32,11
2-3	32,15	19,77	8,81	2,43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,42	5,05	19,50
3-4	17,04	14,46	11,99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,51	2,42
>4	0,51	7,86	3,99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13

\* Receita líquida em R\$ 1.000,00 por hectare.

Observando-se a Tabela 5 e a Figura 1 - Anexo A, tomando como exemplo a data de semeadura 1° de fevereiro CAD 60 mm, notam-se o aumento considerável da área que obteve receitas positivas quando comparadas com as CAD's de 20 mm (34,06 %) e 40 mm (67,55 %). Nesta CAD, essa área chegou a 94,07 % do território onde as receitas estão divididas em todas as classes estudadas e todas as regiões do estado. Sendo que em apenas 5,93 % do território (regiões sudeste e sudoeste do estado) as receitas líquidas ocuparam a classe menor que zero.

No mês de outubro, nesta CAD, as áreas também foram maiores quando comparadas às CAD's de 20 e 40 mm. Sendo que na CAD 20 mm as áreas com receitas líquidas representaram apenas 2,01 % do território menos da metade do

território da CAD 40 mm (5,20 %) e na CAD 60 mm essa área foi de 13,11 % na região sudoeste do estado, ficando as demais regiões com receitas na classe menor que zero.

#### **4.2.2 Cultivo Irrigado**

Para o cultivo irrigado, na CAD de 20 mm, constatou-se que para todos os meses do ano, as receitas líquidas foram favoráveis e concentraram-se nas classes de R\$ 2000,00 a > R\$ 4000,00 conforme Tabela 6. Nas datas de semeadura de janeiro a junho as áreas cujas receitas enquadravam-se na classe de R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00, aumentaram de um mês para o outro, tendo junho a maior área concentrada nessa classe, 94,70% do território e janeiro menor área contida nessa classe, 5,12%. Da mesma forma, para esse mesmo período, as porcentagens de área na classe de R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00, diminuíram de um mês para o outro passando de 94,34% em janeiro para 5,30% em junho isso se deve a diminuição do período chuvoso e o aumento de custos com energia elétrica para a reposição da lâmina bruta da irrigação para o cultivo da melancia. Com o aumento do consumo de energia, houve diminuição receitas líquidas obtidas com o passar dos meses e isso diminui as áreas com os maiores ganhos.

De acordo com a Tabela 6, as datas de semeadura de 1° julho até 1° de dezembro as porcentagens de área foram inversamente proporcionais ao primeiro semestre, isto é, com o passar dos meses, as menores receitas (classe R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00) caíram de 86,13%, julho para 8,62%, dezembro, ao passo que as receitas da maior classe (R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00) aumentaram com o passar dos meses passando de 13,78% em julho para 91,15% na data de semeadura de 1° de dezembro. Isso ocorreu devido a retomada do período chuvoso e, com isso a diminuição da lâmina suplementar da irrigação o que diminuiu o custo com energia elétrica. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2014), que estudando espacialização das lâminas de irrigação para a cultura da melancia no estado do Piauí observou que dos meses de agosto a dezembro as lâminas foram diminuindo isso devido a retomada do período chuvoso. Os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro obtiveram receitas na classe > R\$ 4000,00 sendo fevereiro a maior área, 7,77% e dezembro a menor, 0,23%. Conforme Tabela 6.

**Tabela 6** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 20 mm e risco de 75%.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/ 2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-3	5,12	6,30	33,24	76,84	93,22	94,70	86,13	56,78	25,59	13,91	18,63	8,62
3-4	94,34	85,93	61,70	23,16	6,78	5,30	13,78	43,22	74,41	86,09	81,37	91,15
>4	0,54	7,77	5,06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23

\* Receita líquida em R\$ 1.000,00 por hectare.

Conforme representado na Tabela 7, nas datas de semeadura 1° de janeiro a 1° de março, as receitas líquidas variaram entre as classes R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00 e a classe maior que R\$ 4000,00, sendo que nas datas de janeiro e fevereiro, 21,27 % e 23,05 % do território (sudoeste e sudeste) ficou localizada na classe R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00 respectivamente e a data 1° de março, 62,93 % do território (sudoeste, sudeste e centro-norte) conforme Figura 1 - Anexo B.

Conforme Tabela 7, ainda para o primeiro trimestre, as áreas ocupadas pelas receitas acima de R\$ 4000,00 representaram 1,70 %, 1° de janeiro 12,18 %, 1° de fevereiro e 9,34 % 1° de março (nas regiões sudestes e sudoeste do estado). (Figura 1 – Anexo B).

**Tabela 7** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 40 mm e risco de 75%.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/ 2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,0	0,0	0,0	9,20	74,99	81,24	70,84	29,75	5,37	1,91	0,0	0,0
2-3	21,27	23,05	62,93	78,37	25,01	18,76	29,16	70,25	94,63	91,49	79,63	42,04
3-4	77,04	64,78	27,73	12,43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,60	20,37	57,62
>4	1,70	12,18	9,34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,34

\* Receita líquida em R\$ 1.000,00 por hectare.

As datas de semeadura 1° de maio a 1° de setembro as receitas variaram em apenas duas classes a de R\$ 1000,00 a R\$ 2000,00 e a classe de R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00 (Tabela 7). Para as datas de semeadura 1° de outubro e 1° de novembro as receitas líquidas ficaram distribuídas em sua maior parte na classe de R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00 sendo 91,49 % no mês de outubro e 79,63 % em novembro. Por sua vez em dezembro as receitas ocuparam três classes sendo a maior porcentagem de área enquadrada na classe R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00 e apenas 0,34 % na classe acima de R\$ 4000,00 diferenciando-se dos dois meses anterior.

Ao analisar a Tabela 8, observou-se que no primeiro trimestre do ano, as receitas ocuparam três classes que variaram de R\$ 2000,00 a > R\$ 4000,00 e que nos meses de maio a setembro essas receitas compreendiam apenas duas classes (R\$ 1000,00 a R\$ 3000,00). A partir de outubro com o início das precipitações pluviais essas receitas aumentaram ocupando classes de R\$ 3.000,00 a R\$ 4000,00 e, > R\$ 4000,00 no mês de dezembro.

**Tabela 8** – Percentuais de área do estado do Piauí ocupadas por diferentes classes de receitas líquidas (RL) obtidas com cultivo irrigado da melancia em diferentes datas de semeadura, considerando a CAD de 60 mm.

RL*	Datas de semeadura (dia /mês)											
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11	1/12
<0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2	0,0	0,0	0,0	48,47	85,62	95,10	99,16	98,73	51,37	24,90	4,53	0,0
2-3	14,73	18,91	59,33	38,97	14,38	4,90	0,84	1,27	48,63	69,45	72,68	40,13
3-4	78,47	63,86	25,05	12,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,65	22,79	59,06
>4	6,80	17,23	15,62	0,12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,81

\* Receita líquida em R\$ 1.000,00 por hectare.

Fevereiro foi o mês que proporcionou as maiores receitas com 17,23% do território na classe > R\$ 4000,00 e 68,86% na classe R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00. Em estudo semelhante a este, Andrade Jr. (2000) confirmou que as melhores datas de semeadura para melancia, com uso de irrigação suplementar, são fevereiro e março para as duas localidades estudadas (Teresina e Tabuleiros Litorâneos), levando-se em consideração que este autor utilizou déficit hídrico no manejo da irrigação. No período de maio a agosto as áreas com as maiores receitas obtiveram decréscimo passando de 14,38% no mês de maio, para 1,27% no mês de setembro. Nas datas

de semeadura de outubro a dezembro as áreas de maiores receitas obtiveram acréscimo passando de 5,65% na classe de R\$ 3000,00 a R\$ 4000,00 para 59,06% no mês de dezembro.

### **4.3 Locais de cultivo e viabilidade econômica do cultivo da melancia no estado do Piauí**

#### **4.3.1 Cultivo de Sequeiro**

Para o cultivo da melancia em regime de sequeiro, observou-se conforme as Figuras 1, 2, 3 e 4 – Anexo A, que houve viabilidade econômica da implantação dessa cultura somente para algumas localidades e em algumas combinações de épocas de semeadura e CAD. Essas receitas aumentaram à medida que se aumentou a CAD. Nas épocas de semeadura 1º janeiro e 1º fevereiro, na CAD de 60 mm (Figura 1 – anexo A) é viável cultivar a cultura melancia em quase todo o território do estado com 93,63%, no mês de janeiro e 94,07%, em fevereiro. De acordo com visualização dos mapas temáticos, as maiores receitas encontram-se nas regiões centro-norte e norte e as menores nas regiões sudoeste e sudeste. Nos meses de outubro a dezembro, com a retomada do período chuvoso, algumas áreas já começam a apresentar viabilidade no cultivo de melancia. Essas áreas aumentaram conforme houve aumento da CAD. No mês de outubro na CAD de 20 mm, em apenas 2,01 % do território, localizado na região sudoeste, foi viável o cultivo da melancia em regime de sequeiro com receitas líquidas podendo chegar até R\$ 2000,00. Com o aumento da CAD para 60 mm, essa área aumentou para 13,11% com receitas na classe de R\$ 2000,00 a R\$ 3000,00, na região sudoeste do estado. No mês de dezembro na CAD de 20 mm, 3,90% do território mostrou-se viável para cultivo da melancia, quando a CAD passa para 60 mm, essa área aumentou para 76,32% ficando a região sudoeste com as maiores receitas com valores na classe superior a R\$ 4000,00 (Figura 4 – Anexo A).

As datas de semeadura que correspondem aos meses de maio a setembro, de acordo com análise das Figuras 2 e 3, não é recomendado a implantação da cultura da melancia nas condições de sequeiro, uma vez que, 100% do território não obteve viabilidade devido ao déficit hídrico e escassez de chuvas. Mostrando que durante esse período é fundamental a introdução do cultivo irrigado para que se possa ter a garantia de retorno econômico.

### 4.3.2 Cultivo Irrigado

Conforme análise das Figuras 5, 6, 7, e 8 – Anexo B verificou-se que o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí mostrou-se economicamente viável para todas as localidades independente de CAD e data de semeadura com o nível de risco adotado. Confirmando resultados de Andrade Jr. (2000) que estudando viabilidade econômica da irrigação na melancia nas microrregiões de Teresina e Litoral piauiense, verificou que o uso da irrigação nessa cultura é economicamente viável independente da localidade, ressaltando que esse autor considerou ter utilizado déficit hídrico no cultivo irrigado; enquanto que, no presente trabalho, a cultura não sofreu déficit algum podendo assim expressar todo o seu potencial.

As receitas líquidas variaram dentro de uma mesma condição de CAD, conforme mudança na localidade e na data de semeadura. Essas variações ocorreram devido ao período chuvoso na data de semeadura, o que diminuiu as lâminas de irrigação necessárias e com isso a redução no consumo de energia e conseqüentemente redução no custo total de produção. Da mesma forma a irrigação suplementar no período chuvoso foi bem mais vantajosa do que a irrigação no período de seca.

Nas Figuras 5, 6, 7 e 8 – Anexo B pode-se observar que embora a irrigação tenha se mostrado viável para todas as localidades, as maiores receitas estão visivelmente localizadas nas regiões norte e centro-norte e as menores na região sudeste do estado para todas as épocas de semeadura. No mês de fevereiro, de acordo com os mapas temáticos, as regiões norte e centro-norte obtiveram as maiores áreas ocupadas com as maiores classes de receitas, para todas as CAD's. Nessa data de semeadura, na CAD de 20 mm, 7,77% do estado obteve receitas superiores a R\$ 4000,00 quando a CAD passou para 60 mm essa área dobrou, aumentando para 17,23% (Figura 1 – Anexo B).

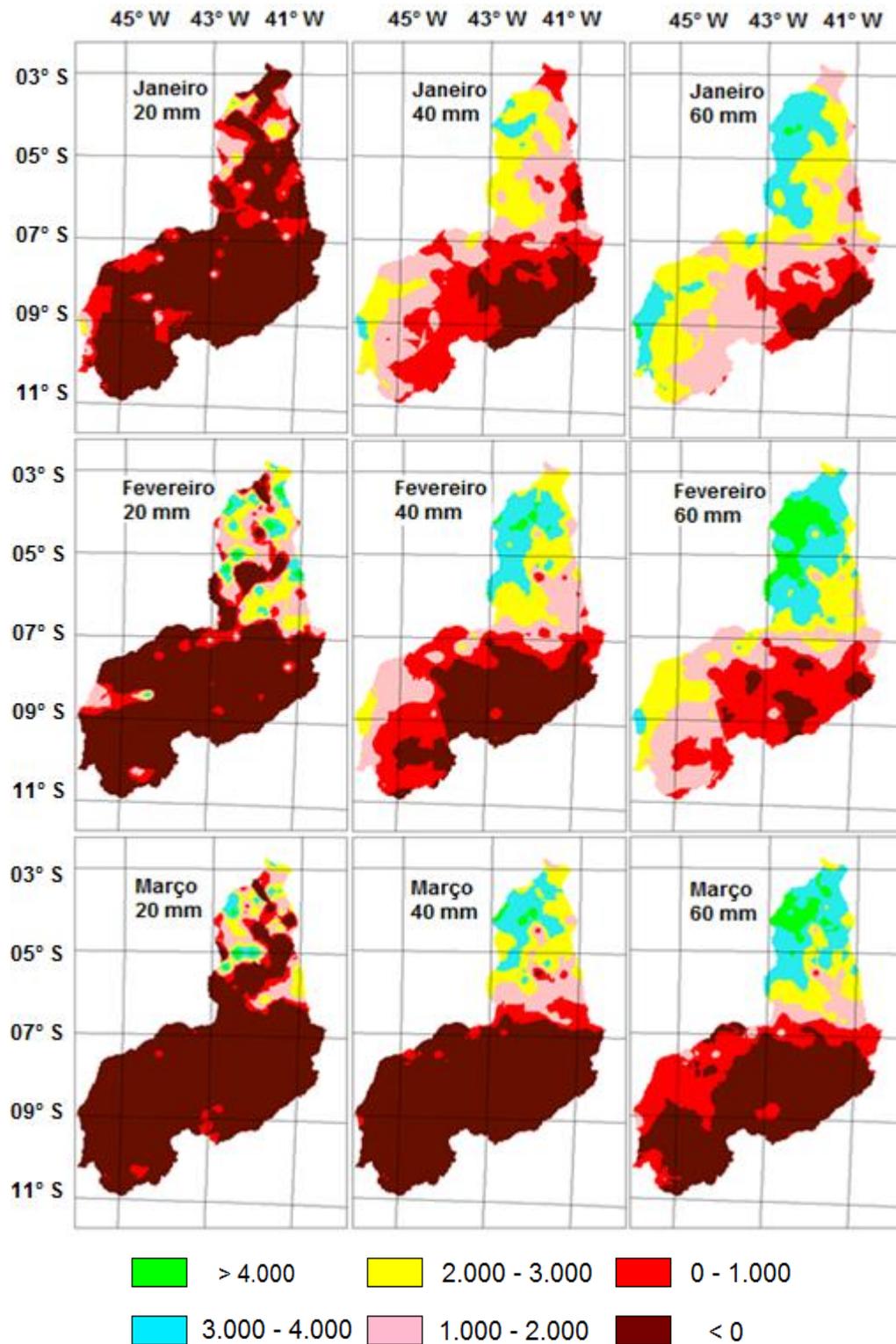
## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos com o presente trabalho, pode-se concluir que:

- O cultivo da melancia em condições de sequeiro mostrou-se viável economicamente apenas para algumas combinações de CAD, época de semeadura e local de plantio.
- A data de semeadura 1º de fevereiro foi a que obteve as maiores receitas líquidas, assim como, as maiores áreas com as maiores receitas tanto para o cultivo de sequeiro como para as condições irrigadas.
- A utilização da irrigação no cultivo de melancia mostrou-se viável em todo o estado do Piauí, para todas as combinações de épocas de semeadura, CAD e local de plantio.
- As receitas líquidas variaram em todo o estado de Piauí em função da época de semeadura, CAD e local de cultivo tanto para as condições de sequeiro como para as condições irrigadas.

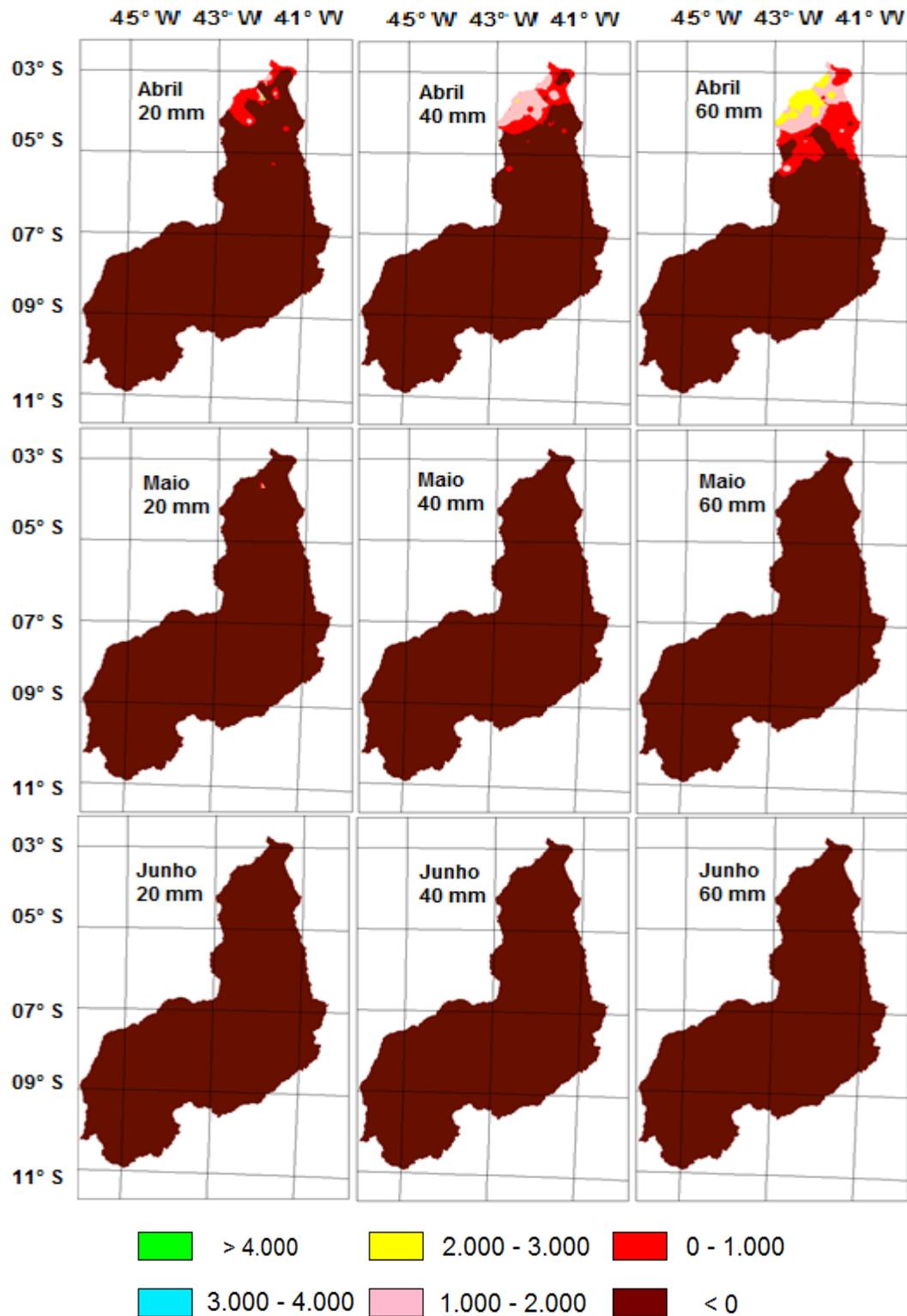
## **ANEXOS**

Anexo A – Mapas de RL auferidas pelo cultivo de sequeiro da melancia no Piauí



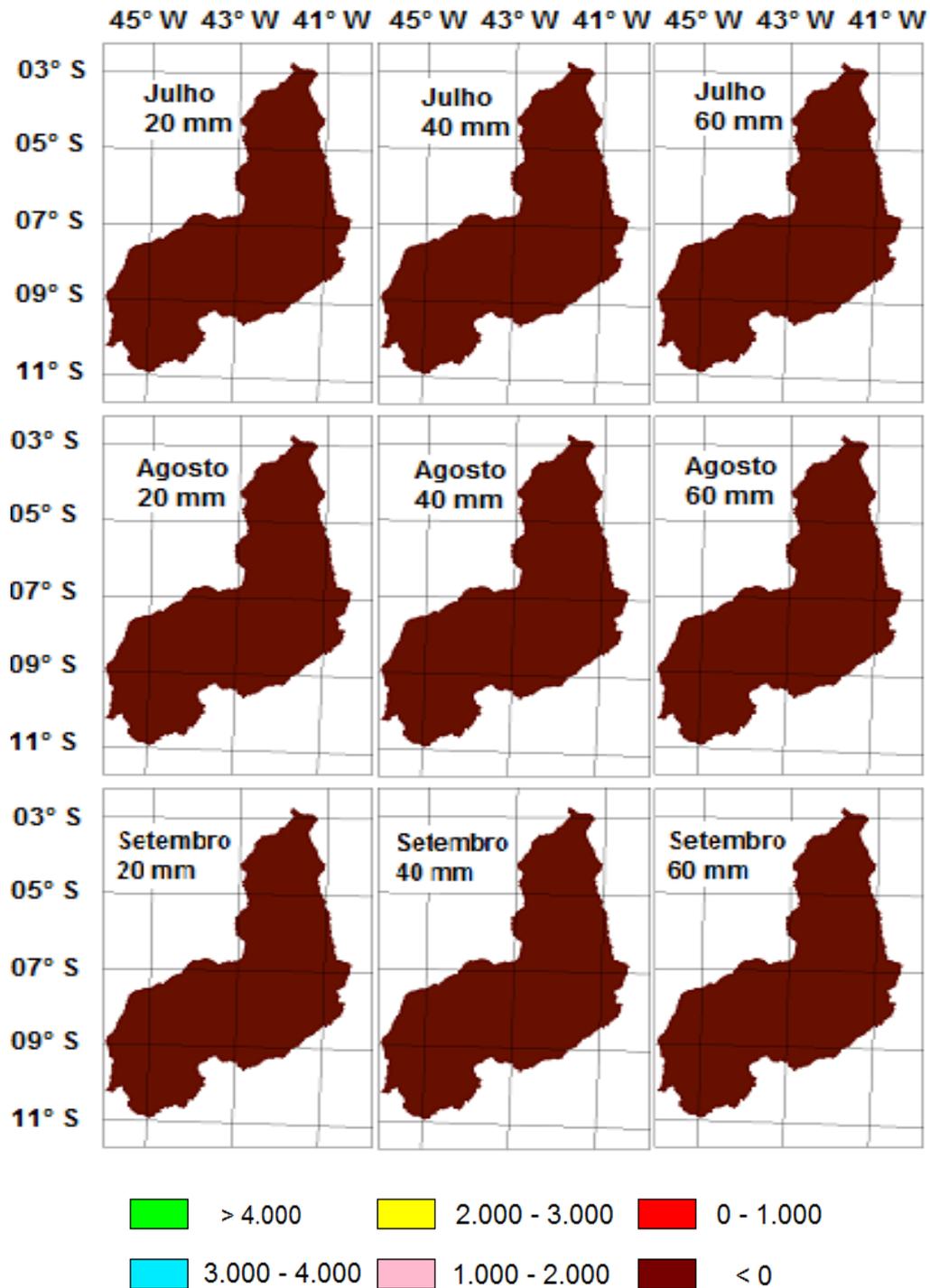
**Figura 1** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de janeiro, 1° de fevereiro e 1° de março e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo A – Mapas de RL auferidas pelo cultivo de sequeiro da melancia no Piauí



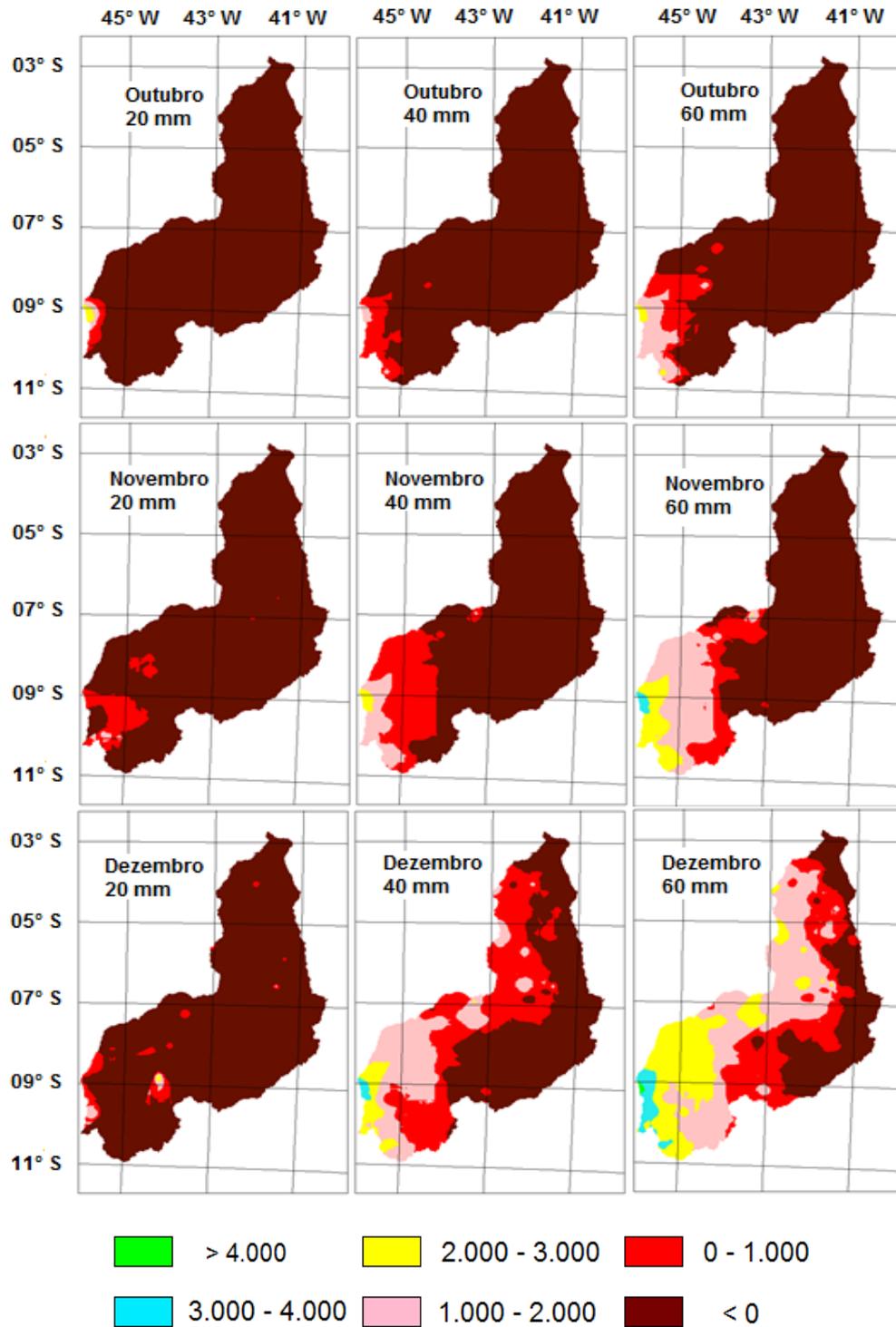
**Figura 2** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de abril, 1° de maio e 1° de junho e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo A – Mapas de RL auferidas pelo cultivo de sequeiro da melancia no Piauí



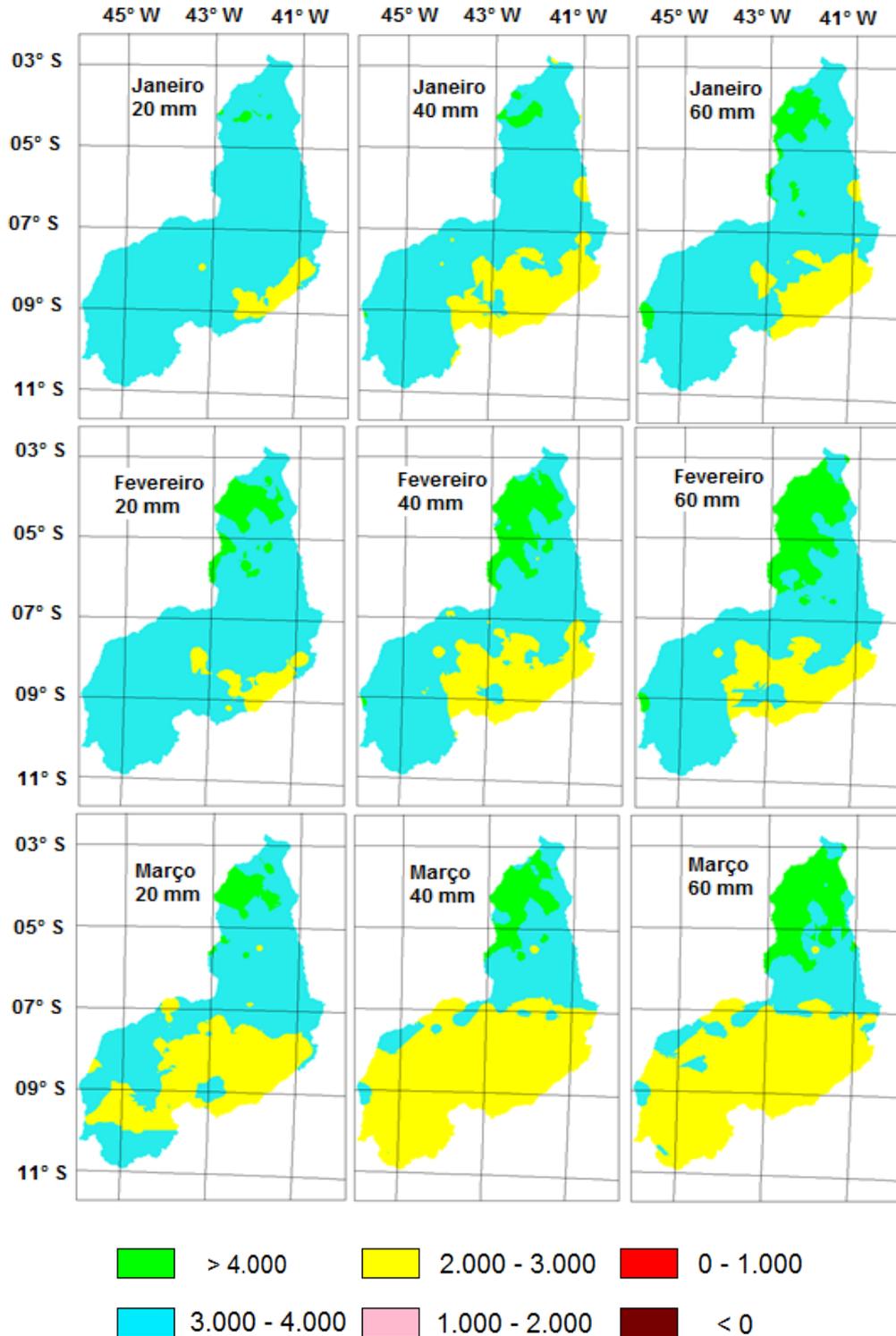
**Figura 3** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de julho, 1° de agosto e 1° de setembro e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo A – Mapas de RL auferidas pelo cultivo de sequeiro da melancia no Piauí



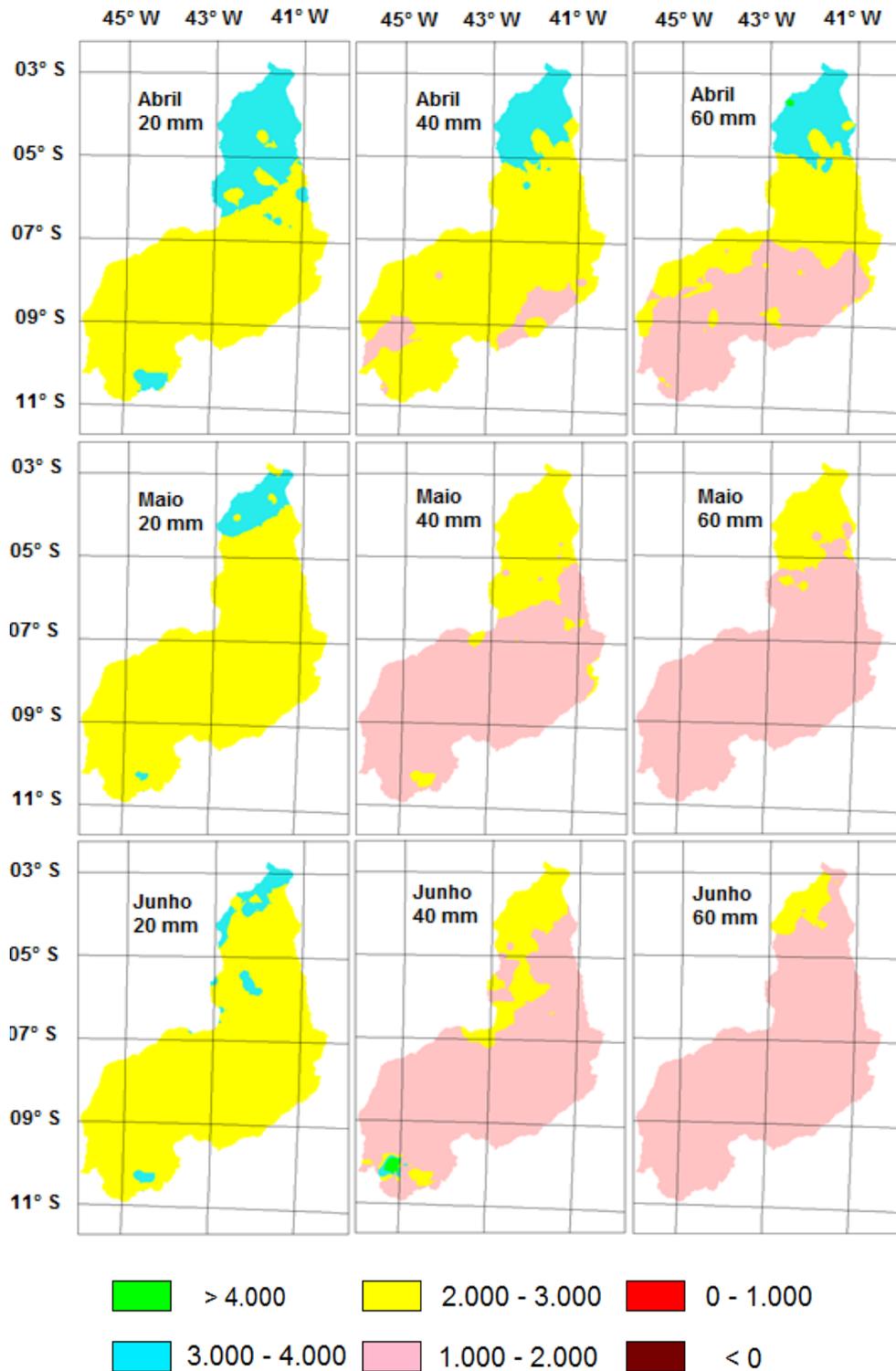
**Figura 4** – Receitas líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo de sequeiro da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de outubro, 1° de novembro e 1° de dezembro e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo B – Mapas de RL auferidas pelo cultivo irrigado da melancia no Piauí



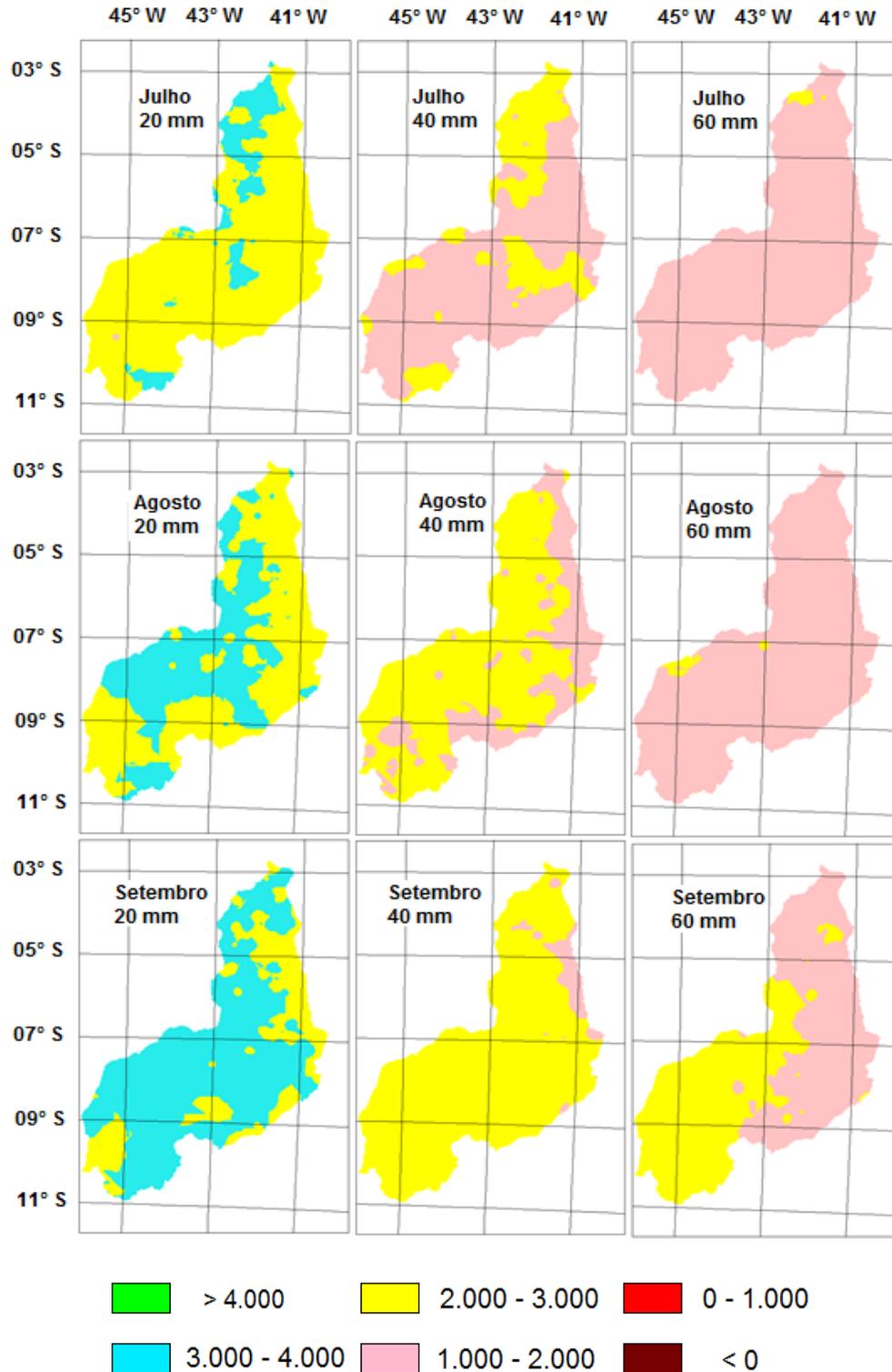
**Figura 5** – Receitas Líquidas (R\$ ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de janeiro, 1° de fevereiro e 1° de março e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo B – Mapas de RL auferidas pelo cultivo irrigado da melancia no Piauí



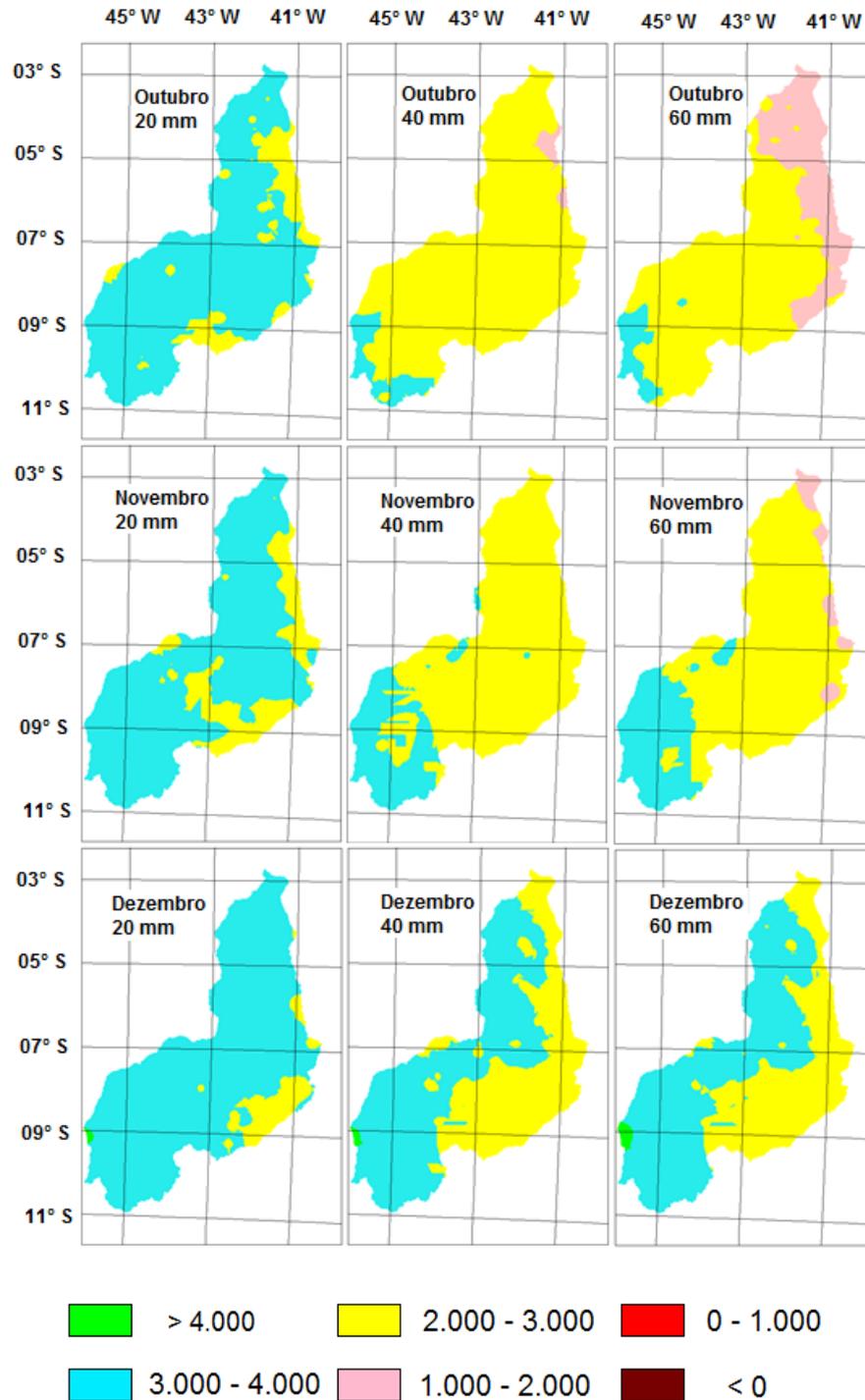
**Figura 6** – Receitas líquidas (R\$/ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de abril, 1° de maio e 1° de junho e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo B – Mapas de RL auferidas pelo cultivo irrigado da melancia no Piauí



**Figura 7** – Receitas Líquidas (R\$/ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de julho, 1° de agosto e 1° de setembro e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

Anexo B – Mapas de RL auferidas pelo cultivo irrigado da melancia no Piauí



**Figura 8** – Receitas Líquidas (R\$/ha<sup>-1</sup>) obtidas com o cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí, nas datas de semeadura 1° de outubro, 1° de novembro e 1° de dezembro e diferentes capacidades de água disponível no solo, em mm.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. **Evapotranspiración Del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO. 298p
- ALMEIDA, D. P. F. **Cultura da melancia**. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto, 2003. Disponível em: < <http://www.dalmeida.com/hortnet/Melancia.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2014.
- ALVES, D.R.B.; KLAR, A.E. Comparação de métodos para estimar evapotranspiração de referência em túnel de plástico. **Irriga**, v.1, n.2, p.26.34, 1996.
- ANDRADE, A. R. S.; CRUZ, A. F. da S.; CAVALCANTE. E. C. dos S.; ALBUQUERQUE, J. C. F.; SOUZA, W. M. Estimativa da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura para diferentes fases de desenvolvimento da melancia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1417-1429, 2013.
- ANDRADE JÚNIOR. A. S.; BASTOS, E. A.; SILVA, C.O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte**, 2004 151 p.. (Embrapa Meio-Norte. Documentos; 101).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de et al. Produtividade e qualidade de frutos de melancia em função de diferentes níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 01, p. 43 – 46 1997.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e litoral piauiense**. Piracicaba, 2000. 586f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.
- BANCO DO NORDESTE BRASILEIRO. Informe Rural da ETENE- **Uso da irrigação nos estabelecimentos rurais do nordeste**. Ano 4, n. 12, 2010.
- BATISTA, P. F. et al. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento submetida a diferentes espaçamentos e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, (Suplemento - CD-Rom), 2008.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 586p.
- BLANCO, F.F. et al. Viabilidade econômica da irrigação da manga para o estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.153-159, 2004.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.

CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 1994. 42p + anexos. (CagM Report, n.58; WMO/TD, n.615).

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p.183-188, 1995.

CARVALHO, R. N. **Cultivo de melancia para a agricultura familiar**. Embrapa Informação Tecnológica – Brasília, DF. 2º. ed. rev. 112p. 2005.

CINTRA, F. L. D.; Libardi, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.23-28, 2000.

CLARK, E.; JACOBSON, K.; OLSON, D.C. **Avaliação econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Secretaria da Irrigação, 1993. (Manual de irrigação, 3).

CURI, R. C. ; CURI, W. F.; OLIVEIRA, M. B. A. de . Análise de alterações na receita líquida otimizada de um perímetro irrigado no semi-árido sob condições de variações hídricas e econômicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre/RS, v. 9, n.3, p. 39-53, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. CampinaGrande: UFPB, 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33), 2000.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidade hídrica das culturas**. Trad. De H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1997. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).

EMPERAIRE, L. **La caatinga du sud-est du Piauí (Brasil) estude etnonobotanique**. Paris: Université Pierre at Marie Curie, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão caupi**, Teresina, 2003. Embrapa Meio-Norte. Sistemas de produção, 2. Versão eletrônica.

FAO – Food Agriculture Organization. 2014, 27 de outubro. Countries by commodities – Top Production - Watermelons 2012. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

FRIZZONE, J.A. (Org.) ; ANDRADE JÚNIOR, A.S. (Org.). **Planejamento de irrigação**: análise de decisão de investimento. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. v. 1. 626p .

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

FRIZZONE, J.A. Função de produção. In: FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; VILELA, L.A.A.; SILVA, A.M. (Ed.). **Manejo de irrigação**. Lavras: UFLA;SBEA, 1998. p.86-116.

FRIZZONE, J.A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ,LER, 2005. 371p. (Série didática, 17).

FRIZZONE, J.A. SILVEIRA, S.F.R. Análise econômica de projetos hidroagrícolas. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília: SRH; Viçosa: UFV; Porto Alegre: ABRH, 2000. Cap. 5, p.449-617.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Anuário estatístico do Piauí**. Teresina: DEE, v.1, 2003.

GALVANI, E. Estudo comparativo dos elementos do Balanço Hídrico Climatológico para duas cidades do Estado de São Paulo e para Paris. **Confins**, n.4, 2008. Disponível em: <<http://confins.revues.org/4733>>. Acesso em: 04 nov. 2014.

GOMES, A.A.N.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; MEDEIROS, R.M. Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.4, p. 560-564, 2005.

GONÇALVES, A.C.A., FOLEGATTI, M.V., MATA, J.D.V. Análise exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo vermelho. **Acta Scientiarum**, v.3, n. 5, p.1149-1157, 2001.

GONZAGA NETO, L. Produtividade e competitividade dependem do aumento de hectares irrigados. **Revista dos Agrônomos**, v.3, p.14-20, 2000.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J. de. C.; SERRANO, O. et al. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1978. 325p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Culturas temporárias e permanentes. **Produção agrícola municipal**, Rio de Janeiro, v. 39, p.1-101, 2012.

JOURNEL, A.G. **Fundamentals of geostatistics in five lessons**. Washington: American Geophysical Union, 1989. 40p.

LEÃO, D. S. S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V.; CECÍLIO FILHO, A. B. Produtividade de melancia em diferentes níveis de adubação química e orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 32-41, 2008.

LEMOS, J. R. Composição florística do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Rodriguésia** 55 (85): 55-66. 2004.

- LIMA, M.G.; RIBEIRO, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.2, p.221-227, 1998.
- MARQUELLI, W.A.; BRAGA, M.B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Irrigação na cultura da melancia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012 (Circular Técnica, 108).
- MARQUES, P.A.A.; COELHO, R.D. Estudo da viabilidade econômica da pupunha (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para Ilha Solteira – SP, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.291-297, 2003.
- MARTINS, S. R.; PEIL, R. M.; SCHWENGBER, J. E.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Produção de melão em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 24-30, 1998.
- MEDEIROS, R.M. **Isoietas mensais e anuais do estado do Piauí**. Teresina: Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação, Departamento e Hidrometeorologia, 1996. 24p.
- MINAMI, K.; IAMAUTI, M. J. **Cultura da melancia**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993.101 p.
- MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, Aderson Soares de; FRIZZONE, José Antonio. **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí**. Acta Scientiarum (UEM), Maringá, v. 30, n. p. 139-145, 2008.
- MOUSINHO, F. E. P.; **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no estado do Piauí**. 2005, 103 p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- OLIVEIRA, P.G.F. de; MOREIRA, O. da C.; BRANCO, L.M.C.; COSTA, R.N.T.; DIAS, C.N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.153-158, 2012.
- OLIVEIRA, J. R. de; **Espacialização das lâminas de irrigação para a cultura da melancia no estado do Piauí**. 2014, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.
- OMETTO, J. C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 40p. 1981.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, A. R. VILLA NOVA, N. A. SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.
- PIAÚÍ, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMAR. Relatório Técnico Parcial RTP-3 (Tomo II). **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Teresina, PI. 2009.
- PORTELA, J. V. F. **Estudo dos aspectos tecnológicos e de qualidade envolvidos no aproveitamento da casca e da polpa da melancia (Citrullus**

- lanatus Schrad).** 2009, 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.
- RAO, N.H.; SARMA, P.B.S.; CHANDER, S. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. **Agricultural and Water Management**, v.13, p.25-32, 1988.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478 p.
- RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S. **Sistema de produção de melancia.** Embrapa, 2010.
- ROBERTSON, G.P. GS+: geostatistics for the environmental sciences; versão 5.03 beta. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- ROCHA, M. R. **Sistemas de cultivo para a cultura da melancia.** 2010, 76 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.
- SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M, M.; VILAS BÔAS, M. A.; OLIVEIRA, L. F. C. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.210-213, 2000.
- SANTOS, F. J. de S.;LIMA, R. N. de; RODRIGUES, B. H. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, F. de; OLIVEIRA, J. J. G. **Manejo da Irrigação da Melancia: Uso do Tanque Classe A.** Fortaleza, CE, 2004. (Circular Técnica, 20).
- SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PIAUÍ – SEMAR. **Panorama da desertificação do estado do Piauí.** Relatório de consultoria. Teresina, 2005. Disponível em: [www.mma.gov.br/sedr\\_desertif/\\_arquivos/panorama\\_piaui.pdf](http://www.mma.gov.br/sedr_desertif/_arquivos/panorama_piaui.pdf). Acesso em: 05 nov 2014.
- SILVA, M.V.T.; CHAVES, S.W.P.; MEDEIROS, J.F. de; SOUZA, M.S. de; SANTOS, A.P.F. dos; OLIVEIRA, F.L. de Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancieira fertirrigada sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido.** V.8, n.4, p.55-59, 2012.
- SILVA, W.L.C.; OLIVEIRA, C.A.S; MORQUELLI, W.A. Subsídios para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Florianópolis: ABID, 1988. V.1, p.535-553.
- SOUZA, C. de; ANDRADE, A. P. de ; ANDRADE, A. P. de ; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D. ; SOUZA, E. S. de; SILVA, I. de F. da . Balanço de água em solo cultivado com mamona sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), v. 17, p. 3-10, 2013.
- TAVARES, B. S.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; CORREIA, M. M.; LIMA, J. R. S.; DANTAS NETO, J. Análise de risco e otimização de recursos hídricos e retorno financeiro em nível de fazenda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), v. 15, p. 338-346, 2011.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, n.1 p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATTHEW, J.R. 1955. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.

VILLA, W.; GROPPA, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; GELMINI, G. A. **Cultura da melancia**. Campinas: CATI, 2001. 52 p. (Boletim Técnico, 243).

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties on the field. In:HILLEL, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.