

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**CUSTOS MONETÁRIOS DO QUIABEIRO ORGÂNICO EM FUNÇÃO  
DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA, ÉPOCAS DE  
CULTIVO E BOMBEAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO**

**GABRIEL CÁSSIA FORTUNA**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CUSTOS MONETÁRIOS DO QUIABEIRO ORGÂNICO EM FUNÇÃO  
DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA, ÉPOCAS DE  
CULTIVO E BOMBEAMENTO SOLAR FOTOVOLTAICO**

**GABRIEL CÁSSIA FORTUNA**

*Sob a Orientação do Professor*

**Daniel Fonseca de Carvalho**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ

Fevereiro de 2017

C745c Cássia Fortuna, Gabriel, 11/09/1987-  
Custos monetários do quiabeiro orgânico em função  
de lâminas de irrigação automatizada, épocas de  
cultivo e bombeamento solar fotovoltaico / Gabriel  
Cássia Fortuna. - 2017.  
57 f.: il.

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em  
Fitotecnia, 2017.

1. Abelmoschus esculentus. 2. agricultura  
orgânica. 3. acionador automático. 4. manejo da  
irrigação. 5. energia solar. I. Fonseca de Carvalho,  
Daniel, 12/06/1968-, orient. II Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação  
em Fitotecnia III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**GABRIEL CÁSSIA FORTUNA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em área de concentração de Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/02/2017.

---

Daniel Fonseca de Carvalho. Dr. UFRRJ (Orientador)

---

José Guilherme Marinho Guerra (EMBRAPA)

---

Carlos Rodrigues Pereira (UFF)

## DEDICATÓRIA

“Dizem que a vida é para quem sabe viver, mas ninguém nasce pronto. A vida é para quem é corajoso o suficiente para se arriscar e humilde o bastante para aprender.”

Clarice Lispector

Dedico este trabalho ao meu pai, Ângelo Barcelos Fortuna (*in memoriam*), a minha mãe, Maria Stela Cássia Fortuna, e a minha irmã, Jana Maria de Castro Fortuna, por todo o apoio incondicional, carinho e educação entregues durante toda a minha vida, propiciando todas as condições para que eu pudesse me tornar um profissional realizado por fazer o que gosta.

A Michelle Bruna Santana Santos, companheira de todos os momentos, luz que ilumina, orienta e alegra a minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por guiar meus passos e me dar sabedoria para compreender até onde posso ir, coragem e fé para acreditar que é possível chegar até lá, e discernimento e clareza para saber escolher o melhor caminho a seguir.

Ao meu pai Ângelo Barcelos Fortuna (*in memoriam*) pelo exemplo de um grande homem que trabalhou com amor pela profissão e me ensinou os verdadeiros valores da vida, sendo o maior incentivador para a minha formação como engenheiro agrônomo, a minha mãe Maria Stela Cássia Fortuna por todo carinho, dedicação, incentivo e bons exemplos; a minha irmã Jana Maria de Castro Fortuna e Filipe Ávila de Castro, por me dar a grandiosa alegria de ter Maria Anita Fortuna de Castro e Miguel Ângelo Fortuna de Castro como sobrinhos.

A minha companheira de vida Michelle Bruna Santana Santos, que sempre esteve do meu lado nos bons e maus momentos, e sempre me ajudou em todas as etapas desse trabalho.

Ao grande amigo Aldir Carlos Silva pela imensurável ajuda no dia a dia do campo e por todos os conhecimentos transmitidos.

Ao meu orientador Daniel Fonseca de Carvalho por ter proporcionado todas as condições para a execução desse projeto, sou extremamente grato por todo o aprendizado e amizade construída nesse tempo de convivência, e a minha banca de defesa composta pelos doutores José Guilherme Marinho Guerra e Carlos Rodrigues Pereira, pela valiosa contribuição a este trabalho.

Ao professor Luiz Carlos Estrella Sarmiento, seus conselhos profissionais, pessoais, e as oportunidades e aprendizado que pude ter durante três anos de estágio no CTUR foram essenciais para a minha evolução profissional.

Aos professores Clarindo Aldo Lopes e Lia Maria Teixeira de Oliveira pelos sempre valorosos conselhos, amizade e ensinamentos.

A Embrapa Agrobiologia, pela infraestrutura concedida para a realização desse estudo, aos pesquisadores José Guilherme Marinho Guerra, Raul de Lucena Duarte Ribeiro, Luiz Augusto Aguiar; Alzimiro Marcelo Conteiro Castilho e a todos os funcionários da Fazendinha Agroecológica, pela ajuda em campo e inúmeros conhecimentos transmitidos.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas (GPASSA) e em especial aos bolsistas que participaram deste trabalho, Victor Furtado, João Arêdes, Fernando Henrique Ferreira, Vinícius Rocha, Emanuel Mattos, Fernandes Pereira e aos alunos do CTUR, Breno Baêta, Luiz Felipe Teixeira, Luiz Sampaio, Luiz Henrique, Waldenir Alves, Euclides Júnior, Liliane, Milene Sales, sem a ajuda de vocês no campo esse projeto não poderia ter sido saído do papel.

A CAPES, pela bolsa de estudo, e a FAPERJ, pelo financiamento do projeto.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por ser parte da minha evolução como pessoa e profissional, e as muitas amizades construídas aqui que através da convivência, proporcionaram valiosos aprendizados, as experiências vivenciadas e a simplicidade de ser feliz estudando nessa universidade serão levadas para sempre na minha caminhada.

## RESUMO

FORTUNA, Gabriel Cássia. **Custos monetários do quiabeiro orgânico em função de lâminas de irrigação automatizada, épocas de cultivo e bombeamento solar fotovoltaico.** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O trabalho foi realizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como Fazendinha Agroecológica Km 47, no município de Seropédica – RJ, e teve como objetivo avaliara produtividade, o desenvolvimento e a viabilidade econômica do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) no cultivo de verão, na condução de rebrota e no cultivo de inverno, quando submetido a lâminas de irrigação automatizada e energia solar fotovoltaica. Foi utilizada uma área de 225 m<sup>2</sup> e adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 lâminas de irrigação, referentes a diferentes vazões de gotejadores (2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 L.h<sup>-1</sup>), dispostas em 5 blocos com 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. O manejo da irrigação foi realizado pelo Acionador Simplificado para Irrigação (ASI). Dois ciclos de cultivo foram realizados e caracterizados como cultivo de verão (outubro de 2015 a abril de 2016) e posteriormente sua rebrota (abril a agosto de 2016) e pelo cultivo de inverno (de junho a setembro de 2016). Foram avaliadas nos três períodos, as produtividades total e comercial, além de índices de qualidade e desenvolvimento da cultura. Os custos monetários foram realizados considerando os custos de implantação e condução da lavoura e os preços de venda praticados no mercado varejista orgânico e convencional (feiras livres) e no mercado atacadista, sendo determinados a renda líquida, a taxa de retorno e o índice de lucratividade. Os custos monetários do sistema fotovoltaico foram realizados a partir dos dados de irradiância durante o período de cultivo e do consumo energético da bomba. Não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, para todas as variáveis, exceto para a produtividade total e comercial na décima primeira semana do cultivo de inverno. A análise dos custos monetários confirmou os resultados de produção, indicando que a menor lâmina aplicada é responsável pela maior lucratividade e eficiência do uso da água, mesmo comercializando a produção pelos valores praticados no mercado atacadista convencional. Da mesma forma, houve rentabilidade também com o incremento do sistema fotovoltaico nos custos totais do sistema de produção, sendo menor, porém, quando comparada ao uso da energia elétrica para o bombeamento de água. As produtividades mínimas a serem alcançadas para que não ocorram prejuízos ficaram dentro da faixa de produtividade esperada para a cultura, para o cultivo de verão, inverno e ano de produção, nos três sistemas de comercialização, mesmo com o incremento de custo devido ao emprego da energia solar.

**Palavras-chave:** *Abelmoschus esculentus*, agricultura orgânica, acionador automático, manejo da irrigação, energia solar.

## ABSTRACT

FORTUNA, Gabriel Cássia. **Monetary costs of the organic okra as a function of automated irrigation slides, cultivation times and photovoltaic solar pumping.** 2017.57 f. Dissertation (Master in Plant Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The work was carried out in the Integrated Agroecological Production System (SIPA), known as Fazendinha Agroecológica Km 47, in the city of Seropédica - RJ, Brazil. The objective was to evaluate the productivity, development and economic viability of the okra (*Abelmoschus esculentus*) of summer, in regrowth driving and in winter cultivation, when submitted to automated irrigation slides and solar photovoltaic energy. An area of 225 m<sup>2</sup> was used and the experimental design of randomized blocks with 4 irrigation slides was used, referring to different flows of drippers (2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 Lh<sup>-1</sup>), Arranged in 5 blocks with 4 replicates, totalizing 20 experimental plots. Irrigation management was performed by the Simplified Irrigation Trigger (ASI). Two cultivation cycles were carried out and characterized as a summer crop (October 2015 to April 2016) and later regrowth (April to August 2016) and winter crop (June to September 2016). The total and commercial yields were evaluated in the three periods, as well as quality indices and crop development. The monetary costs were realized considering the costs of implantation and conduction of the crop and the selling prices practiced in the organic and conventional retail market (free markets) and in the wholesale market, being determined the net income, the rate of return and the index of profitability. The monetary costs of the photovoltaic system were calculated from the irradiance data during the cultivation period and the energy consumption of the pump. There was no significant difference between the treatments tested for all variables, except for total and commercial productivity in the eleventh week of winter cultivation. The analysis of monetary costs confirmed the production results, indicating that the lowest applied blade is responsible for the greater profitability and efficiency of water use, even commercializing the production by the values practiced in the conventional wholesale market. Likewise, there was a profitability also with the increment of the photovoltaic system in the total costs of the production system, being smaller, however, when compared to the use of the electric energy for the pumping of water. The minimum yields to be achieved in order to avoid losses were within the range of productivity expected for the crop, for the summer, winter and year of production in the three commercialization systems, even with the cost increase due to the use of solar energy.

**Key words:** *Abelmoschus esculentus*, organic agriculture, automatic actuator, irrigation management, solar energy.



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Análise química do solo, na área do cultivo de verão. ....	11
<b>Tabela 2:</b> Análise química do solo, na área do cultivo de inverno. ....	11
<b>Tabela 3:</b> Densidade do solo e classe textural .....	12
<b>Tabela 4:</b> Tabela de classificação comercial, para o enquadramento da produção em categorias de qualidade, de acordo com a ocorrência de defeitos nos frutos. ....	16
<b>Tabela 5:</b> Comprimento mínimo e máximo aceito, em metros, para enquadramento do fruto em classes de tamanho. ....	16
<b>Tabela 6:</b> Valores médios mensais de Evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ), temperatura média do ar (°C), umidade relativa média do ar (UR%), velocidade do vento a 2 m (VV) e soma mensal de precipitação (mm), durante o período de condução dos experimentos. ....	20
<b>Tabela 7:</b> Precipitação, lâminas aplicadas e lâminas total (mm).....	21
<b>Tabela 8:</b> Período de fase vegetativa, início e duração da colheita, nos três cultivos. ....	30
<b>Tabela 9:</b> Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo de verão. ....	31
<b>Tabela 10:</b> Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo de rebrota .....	31
<b>Tabela 11:</b> Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo de inverno.....	32
<b>Tabela 12:</b> Porcentagem dos defeitos e de tortuosidade dos frutos para o cultivo de verão. ....	36
<b>Tabela 13:</b> Porcentagem dos defeitos e de tortuosidade dos frutos para o cultivo de rebrota.....	36
<b>Tabela 14:</b> Porcentagem dos defeitos e de tortuosidade dos frutos para o cultivo de inverno.....	36
<b>Tabela 15:</b> Número de caixas de 15 kg nas categorias Extra, I, II e III (em 1 ha) para os três cultivos e 4 vazões aplicadas. ....	37
<b>Tabela 16:</b> Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo de verão, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense .....	38
<b>Tabela 17:</b> Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo de rebrota, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense. ....	38
<b>Tabela 18:</b> Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo de inverno, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense.....	38
<b>Tabela 19:</b> Eficiência do uso da água de irrigação (kg.m <sup>-3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) para os diferentes períodos de cultivo em função das lâminas crescentes empregadas.....	39
<b>Tabela 20:</b> Custos monetários do cultivo de verão, considerando os preços praticados no mercado atacadista. ....	41
<b>Tabela 21:</b> Custos monetários do cultivo de rebrota, considerando os preços praticados no mercado atacadista. ....	41
<b>Tabela 22:</b> Custos monetários do cultivo de inverno, considerando os preços praticados no mercado atacadista .....	42
<b>Tabela 23:</b> Custos monetários do cultivo de verão, rebrota e inverno, considerando a venda no mercado varejista orgânico.....	42
<b>Tabela 24:</b> Custos monetários para os três cultivos e para o ano de produção, considerando a venda para os mercados atacadista e varejista orgânico, e os custos referentes ao tratamento de 2,0 L.h <sup>-1</sup> ....	43
<b>Tabela 25:</b> Custo monetário anual para a venda de quiabo nos mercados atacadista e varejista orgânico, com uso de energia solar ou elétrica no sistema de irrigação.....	45
<b>Tabela 26:</b> Custos de produção em 1 ha, para o cultivo de verão, rebrota e de inverno do quiabeiro, em sistema orgânico e irrigado com bombeamento solar fotovoltaico, na cidade de Seropédica – RJ, para a lâmina composta pela vazão de 2 L.h <sup>-1</sup> .....	46
<b>Tabela 27:</b> Produtividade mínima necessária, em Mg.ha <sup>-1</sup> , para que não ocorra prejuízo no empreendimento agrícola, considerando a venda no mercado varejista orgânico e os custos do sistema de produção alimentados por energia elétrica ou solar. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Croqui geral do experimento .....	13
<b>Figura 2:</b> Peças usadas para confecção do sistema de acionamento. ....	14
<b>Figura 3:</b> Precipitações (mm) e evapotranspiração de referência acumulada (mm) durante o período de condução do experimento. ....	21
<b>Figura 4:</b> Altura média das plantas (cm), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b). ....	23
<b>Figura 5:</b> Diâmetro médio do caule (mm), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b). ....	24
<b>Figura 6:</b> Número médio de brotações laterais (unidade), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b). ....	24
<b>Figura 7:</b> Produtividade comercial semanal do quiabeiro ( $Mg.ha^{-1}$ ) em relação às lâminas aplicadas (mm), e médias semanais de temperatura ( $C^{\circ}$ ), ao longo do ciclo de produção, nos cultivos de verão (a), rebrota (b) e inverno (c). ....	27
<b>Figura 8:</b> Produtividade comercial semanal do quiabeiro ( $Mg.ha^{-1}$ ) em relação às lâminas aplicadas (mm), e precipitações totais semanais (mm) ao longo do ciclo de produção, nos cultivos de verão (a), rebrota (b) e inverno (c). ....	29
<b>Figura 9:</b> Curva de regressão para a produtividade comercial ( $Mg.ha^{-1}$ ) na décima primeira semana de produção no cultivo de inverno, em relação às lâminas aplicadas (mm). ....	30
<b>Figura 10:</b> Produtividade total e comercial do quiabeiro ao longo do ciclo, para o cultivo de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
	2.1. Cultura do quiabo .....	3
	2.2. Usos da água na agricultura .....	4
	2.3. Automação da irrigação com o ASI .....	5
	2.4. Demanda hídrica do quiabeiro .....	6
	2.5. Uso da energia solar na irrigação .....	7
	2.6. Rentabilidade e viabilidade econômica em sistemas de produção orgânico e convencional .....	8
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
	3.1. Caracterização da área experimental.....	11
	3.2. Plantio e manejo do quiabeiro.....	12
	3.3. Caracterização do experimento .....	13
	3.4. Sistema de fornecimento de água e quantificação das lâminas aplicadas .....	13
	3.5. Automação do manejo de irrigação com o ASI .....	14
	3.6. Análises de produção, classificação dos frutos, desenvolvimento e eficiência do uso da água ..	15
	3.7. Dimensionamento do sistema fotovoltaico .....	17
	3.8. Custos monetários de produção.....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>20</b>
	4.1. Dados meteorológicos .....	20
	4.2. Consumo hídrico do quiabeiro .....	21
	4.3. Análise de crescimento.....	23
	4.4. Produtividade semanal de frutos comerciais no cultivo de verão e de inverno.....	25
	4.5. Ciclo do quiabeiro e produtividade total nas diferentes épocas de cultivo .....	30
	4.6. Análise de perdas de frutos comerciais .....	34
	4.8. Eficiência do uso da água da irrigação.....	38
	4.9. Análise dos custos monetários do sistema de produção nos distintos períodos de cultivo e no manejo do quiabeiro. ....	39
	4.9.1. Análise comparativa do custo monetário do quiabeiro entre diferentes fontes de energia .....	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica vem ganhando reconhecimento social, político e científico em todo o mundo, por estar fundamentada na aplicação de estratégias agroecológicas mediante o uso de insumos locais, proporcionando maior valor agregado aos produtos e uma cadeia de comercialização mais justa, quando comparada ao sistema convencional (MELO et al., 2009). A área plantada de produtos orgânicos no Brasil é de cerca de 750 mil hectares, contando com mais de 10 mil produtores e aproximadamente 13 mil unidades de produção (BRASIL, 2015), apresentando um crescimento contínuo de áreas cultivadas e geração de empregos.

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça cultivada para o consumo doméstico em países tropicais e subtropicais do mundo (ADEKIYA et al., 2017), desempenhando um papel importante na dieta humana, fornecendo carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitaminas (ABD EL-KADER et al., 2010). Esta cultura se adaptou muito bem ao clima tropical brasileiro, principalmente em locais que apresentam temperaturas mais elevadas, como o Nordeste e regiões dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo os pequenos produtores responsáveis pela maior parte de sua produção (PAES et al., 2012).

É uma cultura com alta demanda hídrica, apesar de apresentar notável tolerância à seca, sendo mais tolerante do que muitas hortaliças. Para uma produtividade elevada, é necessário um fornecimento de água adequado e solos relativamente úmidos durante todo o período de crescimento (GHANNAD et al., 2014), portanto sua necessidade hídrica deve ser atendida, sendo essencial a execução do manejo correto da irrigação para a obtenção de elevadas produtividades, evitando assim que seja fornecida água em quantidades inferiores ou superiores a sua demanda.

No processo de produção agrícola, a irrigação é uma das técnicas de maior complexidade devido à multiplicidade de fatores que estão envolvidos e que interferem no manejo da água (ESCARABAJAL-HENAREJOS et al., 2015). Nesse sentido, a automação é uma ferramenta que contribui no manejo da irrigação, possibilitando obter altas produtividades com um menor consumo de água, além de minimizar os custos com a mão de obra para esta atividade.

Além da escassez hídrica ou da variabilidade na sua disponibilidade em algumas regiões, a falta ou deficiência no abastecimento de energia elétrica ainda é um dos principais entraves para o desenvolvimento da agricultura familiar no Brasil, podendo inviabilizar a irrigação, o uso de máquinas e a capacidade de aprendizagem, dentre diversos outros benefícios. Com uma parcela significativa da população vivendo na zona rural e ainda sem acesso à energia elétrica e a serviços sociais básicos, o Brasil e diversos outros países começaram a investir na energia fotovoltaica como uma possível solução, sendo o meio rural um dos locais com maior potencial para a sua utilização, por situar-se distante dos centros urbanos e apresentar amplas áreas ensolaradas (GALDINO, 2009).

Os sistemas convencionais de cultivo que imperam no país caracterizam-se pela elevada utilização de insumos sintéticos, que irão causar aumentos expressivos nos custos de produção. Para que um empreendimento agrícola seja rentável, deve-se buscar o aumento na eficiência produtiva do mesmo, investindo em tecnologias apropriadas ao local de produção e

ao produtor, devendo ser feito um planejamento a partir da avaliação econômica do sistema de produção ou análise dos custos monetários, orientando assim o produtor para a tomada de decisões que serão importantes para o aumento da rentabilidade do seu empreendimento.

Dessa forma, o manejo da água e o consumo energético em sistemas de produção agrícola são dois fatores de extrema importância, que se utilizados de forma eficiente e racional, avaliando os seus custos e potenciais ganhos econômicos dentro do sistema produtivo, podem gerar um incremento de renda no empreendimento agrícola, além de reduzir os impactos ambientais.

Neste sentido o presente trabalho tem como hipótese esperada, encontrar diferenças de desenvolvimento e produtividade do quiabeiro com a aplicação de lâminas de irrigação e cultivo em diferentes épocas. De acordo com as premissas apresentadas, objetivou-se avaliar, em sistema orgânico de produção e em duas épocas de cultivo: a) a produtividade e o desenvolvimento do quiabeiro (cv Santa Cruz 47) submetido a diferentes lâminas de irrigação automatizadas; e b) os custos monetários do sistema de produção orgânica do quiabeiro, usando irrigação automatizada e bombeamento solar fotovoltaico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cultura do quiabo

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*L.) é originário da África, sendo cultivado nos trópicos, subtropicais e regiões quentes de zonas temperadas do mundo (CAMCIUC et al., 1998; AMJAD et al., 2001; PREMSEKHAR e RAJASHREE, 2009). É uma cultura intolerante ao frio e necessita de temperaturas elevadas para se desenvolver e produzir frutos. Em condições de temperatura baixa há retardamento na germinação e emergência das plântulas fato que prejudica o crescimento, a floração e a frutificação. Segundo Camargo (1981), as temperaturas médias mais apropriadas para essa cultura estão na faixa de 21,1 a 29,4°C, com a média das máximas em 35°C e a média das mínimas em 18,3°C. De acordo com Filgueira (2008), em condições climáticas ideais, o ciclo do quiabeiro pode variar de 150 a 400 dias, o que irá determinar a obtenção de altas ou baixas produtividades.

O quiabeiro é uma planta anual, arbustiva, de porte ereto e caule semilenhoso que pode atingir 3 m de altura (FILGUEIRA, 2000). Não é uma cultura muito exigente em se tratando do tipo de solo, visto que a mesma produz bem em diferentes texturas, mas não suporta acidez elevada, sendo o pH ideal para seu cultivo de 6,0 a 6,8. A maior parte de suas raízes localiza-se nos primeiros 20 cm de profundidade (FILGUEIRA, 2008). As folhas apresentam limbo recortado, são grandes lobadas e com pecíolos longos, as flores são hermafroditas e o fruto é do tipo cápsula, piloso, roliço e apresenta seção transversal circular ou pentagonal (AGUIAR, 2011).

De acordo com Galati (2010), o estágio vegetativo vai de 0 a 64 dias após a semeadura (DAS) e o reprodutivo de 65 a 120 dias DAS, mas seu período de frutificação pode superar 200 dias conforme a época de cultivo. A variação da precocidade pode estar relacionada aos materiais genéticos de quiabeiro, como demonstrado por Amjad et al. (2001), que registraram variação entre o período mínimo de 45 dias e máximo de 54 dias para cultivares dessa malvacea atingirem o florescimento.

Os frutos do quiabeiro devem ser consumidos novos e tenros, obtendo-se a máxima qualidade nesse ponto de desenvolvimento, ao contrário de muitas outras hortaliças em que os frutos são consumidos quando atingem seu máximo desenvolvimento fisiológico ou estágios próximos a ele. À medida que os frutos crescem e se desenvolvem, aumenta o teor de fibra dos mesmos, tornando-se inadequados para o consumo “in natura” (BAZÁN, 2006). Alguns autores têm demonstrado que o teor de fibras, além de variar com a idade do fruto, varia também entre cultivares (COELHO et al, 1974 e TREVISAN & CHURATA-MASCA, 1980).

A cultura do quiabeiro é uma das mais importantes para o Estado do Rio de Janeiro, sendo uma hortaliça popular de alto valor nutricional, com grande aceitação no mercado, sendo os pequenos produtores os maiores responsáveis por grande parte da sua produção (PAES et al., 2012). Atualmente, a cultivar mais plantada no Estado é a Santa Cruz 47, por ser bem adaptada às condições climáticas locais, possuir ciclo curto e ter uma boa produção de frutos, que possuem uma grande aceitação no mercado interno. Essa cultivar é conhecida como uma planta vigorosa de internódios curtos, frutos de coloração verde clara, cilíndricos e apresenta menor teor de fibra em relação às cultivares mais antigas. Apresenta produção precoce, fato que contribui para obtenção de produtividades elevadas, além do mais, é

resistente à murcha verticilar e à podridão úmida dos frutos, características essas que a classificam como cultivar padrão de mercado (FILGUEIRA, 2008).

A produtividade média nacional do quiabeiro não teve variação expressiva nos últimos dez anos, sendo  $14,74 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  em 2005, e  $13,24 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  em 2015 (IEA, 2016). Devido à possibilidade de produzir frutos de quiabo usando um baixo nível tecnológico e pelo fato de seu maior desenvolvimento e produção serem no cultivo de verão, as lavouras de quiabeiro geralmente não são irrigadas, o que pode explicar, em parte, a sua baixa produtividade média.

## 2.2. Usos da água na agricultura

Dos fatores ambientais que podem ocasionar estresse em uma planta tais como radiação solar, disponibilidade hídrica e temperatura (SOUZA et al., 2006), a água é o mais limitante para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (PAIVA et al., 2005), pois afeta as relações hídricas, alterando o metabolismo das plantas, causando perdas em produtividade (NOGUEIRA et al., 2001). Sendo assim, o uso da irrigação na redução do déficit hídrico pode contribuir no aumento da produtividade, bem como da qualidade do produto final, desde que utilizada de forma racional, com um manejo adequado respeitando a necessidade hídrica das culturas ao longo do ciclo e a capacidade de armazenamento de água no solo. Segundo Marouelli & Calbo (2009), o adequado suprimento de água possibilita que as plantas se desenvolvam em sua potencial capacidade e, adicionalmente, assegura que não ocorra lixiviação de nutrientes, arrastados por aplicações excessivas de água, que percola e alcança profundidades superiores à do sistema radicular.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), a demanda hídrica nacional para agricultura irrigada é responsável, em média, por cerca de 60% da água consumida, seguida de 22% para uso doméstico e 19% para uso industrial. Apesar deste grande consumo de água, a agricultura irrigada tem proporcionado índices mais eficientes na produção de alimentos, quando comparada à agricultura de sequeiro (PAZ et al., 2000; PARIZI, 2007). No Brasil, um hectare irrigado tem uma produção física equivalente a três hectares de sequeiro e de sete em produção econômica (ANA, 2004), reforçando a importância da irrigação na produção de alimentos. Estima-se que o Brasil possua uma área de 61,3 milhões de hectares com potencial de uso de irrigação, sendo que 9,8% estão sendo explorados, correspondendo a uma área de 6,04 milhões de hectares (SPAROVEK et al., 2015).

A otimização do uso do recurso hídrico pode ser medida pela eficiência do uso da água (EUA), definida por Molden et al. (2007) como: “a relação entre os benefícios líquidos de colheita, silvicultura, pesca, pecuária, e sistemas agrícolas mistos, pela quantidade de água necessária para produzir esses benefícios”. Portanto, aumentar a produtividade da água significa, em termos agronômicos, produzir mais alimentos sem que isso gere uma demanda hídrica proporcionalmente maior pela mesma (GONÇALVES, 2013).

Segundo Carvalho et al. (2011), o uso racional da irrigação é afetado por problemas que levam ao desperdício de água como a percolação, a evaporação excessiva da superfície do solo e a reduzida capacidade de retenção de alguns solos, fatores esses que podem proporcionar baixa eficiência no uso da água (EUA) nos sistemas produtivos e incremento nas taxas de perda de solo pelos processos erosivos. Estes autores destacam também que a microirrigação pode promover o uso mais racional de água na agricultura com elevada EUA, além de reduzir a incidência de fitopatógenos, principalmente de parte aérea.

Com isto, torna-se essencial planejar e adotar estratégias que priorizem a racionalização do fornecimento de água para as plantas, bem como diferentes formas de monitoramento que devem ser usadas para orientar o manejo de irrigação a ser realizado. As principais abordagens de programação da irrigação são baseadas em: medições de água no solo (conteúdo de água no solo ou potenciais de água do solo), cálculos do balanço hídrico do solo (usando estimativas de evaporação e precipitação) e medidas na própria planta (estado da água nos tecidos, condutância estomática, sensores de fluxo de seiva, dendrometria, etc.) (JONES, 2004).

O monitoramento da umidade do solo vem sendo utilizado no manejo da irrigação, contribuindo para a racionalização dos recursos hídricos, diminuindo o gasto de água durante todo o ciclo da cultura, e de energia, se o sistema de irrigação for pressurizado. A água disponível em uma camada de solo é dada pela diferença da umidade correspondente à capacidade de campo, em volume, com a umidade atual do solo, multiplicada pela profundidade da camada de solo. Essa metodologia utiliza o princípio do balanço de água no solo, existindo inúmeros equipamentos que permitem estimar o conteúdo de água no solo de forma indireta, sendo o tensiômetro o método mais prático e econômico existente, sendo por isso o mais adotado pelos produtores que manejam a sua irrigação (FOLEGATTI et al., 2004).

### **2.3. Automação da irrigação com o ASI**

A automação de irrigação pode evitar a aplicação excessiva, minimizando também a mão de obra empregada no acionamento dos sistemas de irrigação. O uso de temporizadores (timers) no acionamento pode ser eficaz na automação para sistemas de irrigação (ALENCAR et al., 2007), mas depende de alguns métodos indiretos de estimativa de lâmina de irrigação que deverá ser aplicada. Além da estimativa da lâmina irrigação, que deve ser previamente definida em função das necessidades hídricas da cultura, surge outra questão que diz respeito à época de irrigação e também ao intervalo entre as mesmas, comumente denominado de turno de rega (CARVALHO & OLIVEIRA, 2012).

A automação baseada na tecnologia SMS (sensores de umidade do solo) apresenta potencial para fornecer água às plantas por meio da manutenção do conteúdo de água do solo num intervalo desejado, considerado ótimo ou adequado para o crescimento da planta (MUÑOZ-CARPENA & DUQUES, 2005). Boutraa et al. (2011) constataram maior rendimento na produção em plantas de trigo irrigadas automaticamente quando comparadas com plantas manualmente irrigadas. Clark et al. (1994) e Muñoz-Carpena et al. (2005) constataram economia de água ao utilizarem tensiômetros para a automação da irrigação visando a produção agrícola no Estado da Flórida (EUA). Utilizando a TDR (Reflectometria no domínio do tempo) associada a um sistema de automação, Duques et al. (2003) e Duques & Scholberg (2005) encontraram economia de água da ordem de 11% e 50%, sem diminuir os rendimentos, respectivamente, de milho doce e pimentão. Apesar de essas tecnologias apresentarem um potencial de economia de água, quando comparadas ao acionamento manual do sistema de irrigação, esses dispositivos necessitam de calibração e manutenção frequentes, fazendo com que o uso da técnica não elimine a mão de obra humana no manejo da irrigação (CARDENAS-LAILHACAR, 2006).

Atualmente no Brasil vem sendo comercializado o Irrigas@ que é um equipamento simples, robusto, de baixo custo e informa ao agricultor o melhor momento de irrigar o solo (CALBO & SILVA, 2001). Porém, seu uso requer mão de obra mais especializada, podendo



inviabilizar sua adoção pelo pequeno produtor. Por outro lado, o dispositivo denominado acionador simplificado para irrigação (ASI) (MEDICI et al., 2010), construído com peças de baixo custo e que podem ser encontradas em lojas de construção civil, vem se mostrando eficiente na automação da irrigação, possuindo, desta forma, grande potencial para uso na agricultura familiar, devido ao seu baixo custo e facilidade de instalação e manutenção. Nesse sistema, o próprio potencial da água no solo irá comandar o processo de fornecimento de água às plantas, evitando o estresse hídrico ou a aplicação excessiva de água quando ajustados adequadamente, sendo o acionador desenvolvido para manter automaticamente a tensão da água no solo entre 0 e -10 kPa, faixa de tensão necessária para satisfazer a demanda hídrica de grande parte de culturas olerícolas e hortícolas (MEDICI et al., 2010).

#### **2.4. Demanda hídrica do quiabeiro**

Ao cultivar o quiabeiro no período do inverno na cidade de Campos dos Goytacazes - RJ, Paes et al. (2012) determinaram o coeficiente de cultivo (Kc) com o uso de lisímetro de pesagem, e fazendo o manejo da irrigação por meio do balanço de água no solo, procediam a irrigação por aspersão quando o sensor instalado a 15 cm de profundidade atingia cerca de 30 kPa. Com esse manejo, eles apontaram um consumo de 221 mm durante todo o ciclo, encontrando valores de precipitação total de 299,7 mm e lâmina bruta de 520,7 mm, obtendo um rendimento de 11,3 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Cultivando o quiabeiro entre julho a outubro em Goiás e fazendo o manejo da irrigação utilizando o Tanque Classe A, Costa (2014) encontrou um consumo acima de 400 mm para a lâmina correspondente a 100% da evaporação do tanque (ECA), através de sistema de gotejamento e adotando turno de rega fixo de um dia, alcançando uma produtividade média de 15,05 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Na região de Seropédica - RJ, plantando a cv. Santa Cruz 47, no período de Novembro a Abril, Fortuna (2016) encontrou um consumo total de 435,86 mm, com o manejo da irrigação sendo feito por Penman Monteith-FAO 56 e com os valores de kc sendo corrigidos para as condições climáticas locais, usando o sistema de gotejamento e adotando turno de rega fixo de um dia. A produtividade média entre as lâminas testadas foi de 9,96 Mg.ha<sup>-1</sup>, obtida em uma área infestada por nematóides.

Cultivando duas variedades de quiabeiro em uma área sub-úmida na Nigéria, no período do verão, Odofin et al. (2011) estipularam o coeficiente cultural local, calculando a evapotranspiração da cultura (ETc) a partir da alteração do teor de umidade do solo, encontrando 374 mm para a variedade Amugbadu e 334 mm para a variedade Oniyaya. A evapotranspiração potencial (ETp), que foi calculada diariamente utilizando a evapotranspiração BMN, modelo desenvolvido para as condições ambientais nigerianas (DURU, 1984; ABU E EDOGA, 2008), totalizou 551 mm.

Na Índia, Panihagri & Sahu (2012) determinaram a demanda hídrica do híbrido de quiabeiro Vijaya a partir da equação do balanço hídrico. Na irrigação total da raiz, onde todos os sulcos eram irrigados durante cada rega, houve um consumo de 220,95 - 246,76 mm. Na irrigação parcial por raiz, onde um dos dois sulcos vizinhos era irrigado alternadamente durante a rega consecutiva, foram gastos 181,52 - 211,56 mm e na irrigação parcial por raiz, onde a irrigação era fixada a um dos dois sulcos vizinhos, foi consumido um total de 163,83 - 184,67 mm. A produtividade média entre os tratamentos foi de 15,49 Mg.ha<sup>-1</sup>.

Também na Índia, Tiwari et.al. (1998) cultivaram quiabo durante a primavera e verão em três anos consecutivos, usando a irrigação por gotejamento e fazendo o manejo através do método de Penman Monteith, e estimaram, após dedução da precipitação efetiva, a média líquida de água sazonal da cultura em 665 mm, obtendo uma produtividade total média de 14,51 Mg.ha<sup>-1</sup>.

## **2.5. Uso da energia solar na irrigação**

Além da escassez dos recursos naturais como a água, um dos principais entraves para o desenvolvimento do meio rural é a falta ou deficiência no abastecimento de energia elétrica. A irrigação é uma prática cada vez mais essencial para a produção de alimentos e que necessita de energia.

A geração de fontes renováveis de energia representa uma efetiva possibilidade de minimizar os custos da eletrificação em áreas rurais, onde o seu suprimento energético torna-se de baixa atratividade para as concessionárias, devido à dispersão geográfica e o baixo consumo de energia (MUNIZ, 2013), pois são pequenos consumidores situados em locais distante das redes elétricas e muitas vezes de difícil acesso. Com isso, os custos da linha de transmissão e manutenção podem ficar mais caros que a utilização de outras fontes de energia presentes nesses locais.

Há uma ampla variedade de tipos de energia, tais como eólica, marinha, geotérmica, entre outras. Entre todas as fontes renováveis destaca-se a fotovoltaica, que se caracteriza pela conversão direta da luminosidade em energia elétrica a partir das células fotovoltaicas (BORGES E SERA, 2010). A energia solar fotovoltaica vem se tornando uma importante fonte de eletricidade, especialmente, para atender as áreas distantes dos centros distribuidores de energia elétrica, como por exemplo, as áreas rurais, que são vistas como as mais propícias para o seu aproveitamento por situar-se longe dos centros urbanos e apresentar amplas áreas ensolaradas.

A capacidade de sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil, incluindo sistemas isolados e conectados à rede, é da ordem de 30 a 40 MWp (ABINEE, 2012). Um sistema completo de bombeamento fotovoltaico de água que em 1970 custava US\$ 50,00 por Wp, atualmente custa US\$ 9,00 Wp. No Brasil os custos também reduziram, estando os valores em torno de US\$ 6,00 por Wp para o módulo fotovoltaico e US\$ 18,00 por Wp para o sistema de bombeamento completo (FEDRIZZI et al., 2009). Um estudo do custo da implantação de sistemas fotovoltaicos, analisou o preço de 47 sistemas isolados de 100 a 6600 W, de 1987 à 2004, indicando que esses sistemas apresentam uma tendência de redução de preços de aproximadamente 1 U\$/Wp ao ano, com custos variando entre 7 e 10 U\$/Wp (HEGEDUS & OKUBO, 2005).

Segundo Santos (2006), a energia solar fotovoltaica configura-se como opção viável de fornecimento de energia elétrica para a irrigação com impactos positivos para os agricultores, por permitir aumento na produção agrícola, maior rendimento das lavouras, diversificação de culturas, incrementos na renda pela comercialização do excedente e redução do consumo, e como consequências, aumentos no consumo de bens e serviços, e melhoria da qualidade de vida. De acordo com o Centro de Pesquisas em Energia Elétrica da Eletrobrás (CEPEL, 1995), propriedades situadas a mais de 10 km da rede e cujo consumo seja de pelo menos 12,5 kWh por mês, o uso da energia solar fotovoltaica já se torna vantajoso.

De acordo com Morales (2010), o sistema de acoplamento direto entre o módulo fotovoltaico e o conjunto motobomba é usado principalmente em sistemas fotovoltaicos de pequena potência (de 50 até 400 Wp), sendo o sistema mais simples e de menor custo. Porém, essa configuração permite apenas o uso de equipamentos de pequena potência e conjuntos de motor de corrente contínua com bombas de deslocamento positivo, por serem as que melhor se adaptam às variações de potência causadas pela mudança de irradiação. O sistema de acoplamento com baterias não sofre influência da variação de luminosidade e permite a operação da motobomba fora do horário de brilho solar, sendo necessário o uso de um circuito de controle de carga e descarga para proteger a bateria de sobrecargas e sobredescargas. O acoplamento com equipamentos de condicionamento de potência permite controlar ou processar a energia fornecida à motobomba, tendo um consumo de energia de 4 a 7% do valor total fornecido pelo gerador (WENHAM et al., 2007).

Se o produtor possuir acesso à rede elétrica, outra opção possível são os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de transmissão, que não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede, ou consumida pelo produtor (CÂMARA, 2011). Nestes sistemas fotovoltaicos ligados à rede o critério de dimensionamento é a maximização de energia produzida (FREITAS, 2008).

Nos países desenvolvidos têm sido lançados programas governamentais subsidiando a sua instalação, principalmente nos EUA, Alemanha e no Japão. Tais sistemas representam na realidade uma capacidade de geração elétrica distribuída nestes países, para reforço à geração convencional já existente (GALDINO, 2009). No Brasil, recentemente foi apresentada pela ANEEL uma resolução estabelecendo um sistema de compensação de energia segundo o qual eventuais excessos da produção com relação ao consumo se transformam em créditos (kWh) que poderão ser aproveitados pelo consumidor nas próximas faturas da concessionária. Este mecanismo, juntamente com a simplificação do processo de conexão da instalação fotovoltaica com a rede, contribuirá para impulsionar o setor fotovoltaico (ABINEE, 2012).

De acordo com Galdino (2009), o Brasil tem uma vantagem significativa sobre os países desenvolvidos no que tange à utilização de energia solar, pois se localiza numa faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é muito superior à verificada naqueles países. Ainda assim, a capacidade de geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos é de apenas 0,02 % do total de energia elétrica produzida no país, possuindo a menor representatividade dentre todas as fontes geradoras (ANEEL, 2016).

No entanto as expectativas são de crescimento do setor fotovoltaico tendo em vista alguns fatores, como os decrescentes custos de produção da tecnologia fotovoltaica em contraponto aos custos crescentes das formas convencionais de produção de energia, a maior preocupação com fatores antes ignorados como a questão dos impactos ambientais causados pelas fontes convencionais de geração de energia, além da recente resolução da ANEEL que possibilita ao produtor “vender” o excedente de energia produzido, conectando o seu sistema fotovoltaico com a rede elétrica.

## **2.6. Rentabilidade e viabilidade econômica em sistemas de produção orgânico e convencional**

Para que um empreendimento agrícola seja rentável ao longo do tempo, deve sempre buscar um aumento na eficiência produtiva do mesmo, fazendo-se o investimento em

tecnologias apropriadas e capacitação técnica da mão de obra envolvida. Para que esta mudança ocorra dentro de uma propriedade rural, deve ser feito um planejamento a partir da avaliação econômica do sistema de produção, orientando assim o produtor para a tomada de decisões importantes para o desenvolvimento do seu empreendimento.

Os sistemas de cultivo convencional em uso no Brasil caracterizam-se pela elevada importação de insumos sintéticos que provocam aumentos expressivos nos custos de produção, além da dependência do agricultor dos diversos fatores do mercado. No sistema orgânico de produção, a mão-de obra geralmente incide em maiores custos de produção, quando comparados ao sistema convencional, como demonstra Donadelli et al. (2012) em um estudo comparativo entre o custo de produção do morango orgânico e convencional no estado de São Paulo. O custo total do morango convencional foi 16% superior ao orgânico, com índices de lucratividade de 60,7% e 49,5%, respectivamente, e a mão-de-obra foi o componente de maior participação nos custos em ambos os sistemas, representando 49,6% no cultivo orgânico e 29,3% no convencional. Porém, avaliando a cultura da batata orgânica em um sistema de manejo baseado no padrão do agricultor, e outro sistema baseado em tecnologias recomendadas pelo órgão de pesquisa, Gonçalves et al. (2007) demonstraram que a mão-de-obra representou 24,1% e 18,6% do total de custos, respectivamente. Estes valores são semelhantes aos relatados nos sistemas convencionais, indicando que este componente pode não ser limitante na produção orgânica de algumas culturas (SOUZA, 2013).

Numa análise mercadológica, Pelinski & Guerreiro (2004) evidenciaram maior viabilidade econômica para os produtos orgânicos, porém o preço pago no mercado pode alterar este comportamento. Verificaram que a soja e o fumo orgânico continuaram a ter maior viabilidade econômica do que no sistema convencional, mesmo que ainda fossem vendidos ao mesmo preço do convencional no mercado. Seufert et al. (2012) compararam as produtividades de lavouras conduzidas em sistema orgânico e convencional no Canadá, e concluíram que os sistemas orgânicos foram menos produtivos que os convencionais e que as hortaliças orgânicas foram as que mais tiveram dificuldade de se aproximar do sistema convencional, que proporcionou produtividades, em média, 34% superiores. Porém, os autores indicaram que em algumas situações, a agricultura orgânica pode ser até mais produtiva que a convencional, dependendo da região, da época de cultivo, da espécie cultivada e do grau de dedicação e conhecimento técnico e mercadológico do produtor.

O principal entrave da produção de alimentos orgânicos é a baixa escala de produção, o que implica maiores custos (mão-de-obra, insumos) por unidade de produto, seguida da falta de recursos dos produtores e de treinamento, da desorganização do sistema de produção (falta de planejamento) e do processo de comercialização (DULLEY, 2002). Como relatam Campanhola e Valarini (2001), para conquistar maior credibilidade e garantia dos consumidores e conferir maior transparência às práticas e aos princípios utilizados na produção orgânica, os produtos orgânicos são certificados por entidades específicas, que fornecem um selo para ser anexado ao produto. Diferentemente do sistema convencional, o agricultor tem que pagar para ser certificado e fiscalizado, e também pela assistência técnica, que é quase toda particular e exercida por consultores credenciados pelas certificadoras.

Outra grande complexidade nesse setor é traduzida pela existência de uma assimetria de informações sobre preços predominantes dos produtos orgânicos no mercado. Isso leva a crer que as diferenças de custo de produção mereçam atenção da pesquisa, visando determinar exatamente o ponto em que a margem de comercialização está mais concentrada e se é

possível equilibrá-la, de modo a reduzir o custo final dos produtos hortifrutícolas comercializados (MARTINS et al., 2006). Além dessas dificuldades, ainda soma-se o fato de os agricultores familiares, que respondem pela maior parcela da produção dentro do sistema orgânico, não possuírem o hábito de controlar os seus custos de produção, o que dificulta ainda mais a verificação da viabilidade econômica dos seus produtos, frente aos produtores convencionais e até mesmo os produtores com certificação orgânica.

Diante do exposto, evidencia-se além do uso racional da água e energia dentro de um sistema agrícola, a importância de avaliarmos os custos monetários envolvidos na cadeia produtiva, para que se possa traçar um planejamento ou programar modificações que irão aumentar a rentabilidade do empreendimento.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - “Fazendinha Agroecológica Km 47”), fruto de convênio de cooperação técnica entre a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Embrapa Agrobiologia e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio/ EES), estabelecido desde 1993 (ALMEIDA et. al., 2003). O SIPA ocupa área de aproximadamente 70 ha na Baixada Fluminense, no município de Seropédica (22° 45' S e 43° 42' W e altitude de 33m), estado do Rio de Janeiro.

O clima da região é classificado como Aw, segundo Köppen, com temperatura média anual de 24,5°C e precipitação média de 1213 mm, sendo considerado tropical, apresentando estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, sendo julho o mês mais seco (CARVALHO et al., 2006). A área experimental possui um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo com textura franco-arenosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

De acordo com a proposta metodológica da Embrapa (1997), foram realizadas análises químicas e físicas do solo da área, antecedendo o início do experimento. Para a análise química, foram coletadas amostras deformadas compostas, em duas profundidades (0-0,20 e 0,20-0,40 m), nas duas áreas de cultivo (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Análise química do solo, na área do cultivo de verão.

pH e nutrientes	Profundidade (m)	
	0 - 0,20	0,20 - 0,40
pH(H <sub>2</sub> O)	6,53	6,49
Al <sup>+++</sup>	0,00	0,00
Ca <sup>++</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,96	3,22
Mg <sup>++</sup>	1,17	1,10
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	76,85	110,40
p <sub>disponível</sub>	50,20	35,07

Análise realizada de acordo com Embrapa (Nogueira & Souza, 2005)

**Tabela 2.** Análise química do solo, na área do cultivo de inverno.

pH e nutrientes	Profundidade (m)	
	0 - 0,20	0,20 - 0,40
pH(H <sub>2</sub> O)	6,46	6,41
Al <sup>+++</sup>	0,00	0,00
Ca <sup>++</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,51	3,56
Mg <sup>++</sup>	1,26	1,31
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	69,28	84,29
p <sub>disponível</sub>	39,80	53,40

Análise realizada de acordo com Embrapa (Nogueira & Souza, 2005)

As análises físicas foram realizadas a partir de amostras indeformadas, coletadas nas camadas de 0–0,10; 0,10–0,20 e 0,20–0,30 m, na área total do experimento, estando os resultados apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Densidade do solo e classe textural.

(m)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Argila	Areia %	Silte	Classe Textural
0 - 0,1	1,39	13	68	15	Franco-arenosa
0,1 - 0,2	1,46	16	73	12	Franco-arenosa
0,2 - 0,3	1,49	18	75	10	Franco-arenosa

Análise realizada de acordo com Embrapa, 1997.

### 3.2. Plantio e manejo do quiabeiro

Sementes da cultivar Santa Cruz 47 foram semeadas em bandejas de poliestireno com 72 células, totalizando 20 bandejas. Foram colocadas 2 a 3 sementes por célula, sendo feito um desbaste 12 dias após a semeadura (DAS), e logo após, uma adubação de cobertura com torta de mamona, utilizando 10 gramas por bandeja. Aos 20 dias após a emergência, foi realizada uma aplicação do produto comercial Trichobio (*Trichoderma sp*) e de calda bordalesa. As mudas permaneceram na casa de vegetação até os 30 DAS, sendo transplantadas para o campo após esse período.

O substrato utilizado foi desenvolvido no SIPA e foi constituído de vermicomposto, carvão vegetal e torta de mamona, nas proporções de 80, 17,5 e 2,5%, (OLIVEIRA, 2011). O volume consumido de substrato em cada bandeja foi de 3 L.

O preparo do solo foi realizado com uma escarificação a 0,30 m de profundidade, sendo feito após uma aração e uma gradagem. Foi realizada a adubação de plantio com 100g/cova de mistura constituída de esterco bovino, cinza de lenha e farinha de ossos, na proporção 1:1:1. O transplante foi feito em covas, adotando o espaçamento de 0,50 m x 1,0 m entre plantas, e imediatamente após o plantio, foi feita a inoculação com o produto comercial Trichobio (*Trichoderma sp*), aplicado em solução aquosa no solo na concentração de 1%, usando 40L dessa diluição na área experimental de um cultivo

O controle das espécies de ocorrência espontânea foi realizado em intervalos de 15 dias, totalizando de quatro a seis capinas durante o ciclo total da cultura, dependendo da época em que o cultivo foi realizado. O controle fitossanitário foi realizado em intervalos de sete ou quinze dias, sendo feito de acordo com o grau de incidência das pragas e doenças na lavoura.

Para o controle de lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) foi aplicado Dipel, até os 20 dias após o transplante (DAT). Para o controle do ácaro causador da erinose do quiabeiro (*Aceria esculenti*), do ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), da tripses (*Frankliniella schultzei*) e do oídio (*Oidium ambrosiae*) foi aplicado calda sulfocálcica (1%) durante todo o período experimental. Os métodos de controle foram utilizados somente após verificação da infestação na lavoura, por meio de avaliação da incidência e nível de dano das pragas e doenças nas plantas de quiabeiro.

Considerando que a torta de mamona apresenta, em média, cerca de 37 kg de N por tonelada (SEVERINO, 2005; BELTRÃO, 2002) e que a recomendação de adubação do quiabeiro para o Estado do Rio de Janeiro é de 90 kg de N por hectare (FERREIRA, 2001), foi utilizada a dose de 3 Mg.ha<sup>-1</sup> de torta de mamona, parceladas em coberturas realizadas aos 45, 90 e 135 DAT. As colheitas foram realizadas de 2 a 3 vezes por semana, sendo colhidos apenas os frutos com mais de 6 cm de comprimento.

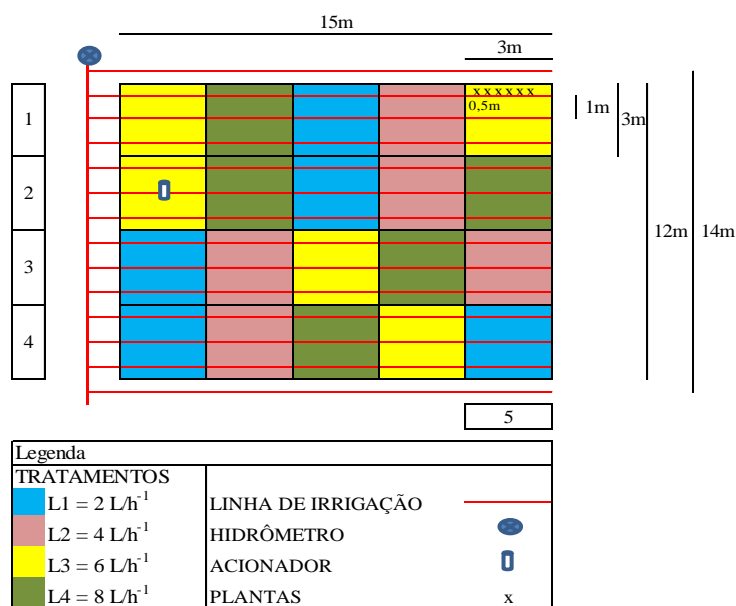
### 3.3. Caracterização do experimento

As mudas do cultivo de verão foram transplantadas em novembro de 2015. Encerrado o período de colheita, quando constatado o declínio de produção do cultivo (meados de abril/2016), foi realizada uma poda drástica nas plantas a 0,50 m de altura da superfície, para a condução da rebrota do quiabeiro de verão. Simultaneamente, em uma área adjacente, foram transplantadas as mudas do cultivo de inverno, caracterizando os três cultivos.

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, composto por 4 tratamentos (vazões de gotejadores de 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 L.h<sup>-1</sup>) que formaram as diferentes lâminas aplicadas, sendo dispostos em 5 blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas. A área total do experimento (Figura 1) foi de 210 m<sup>2</sup> e cada parcela correspondeu a 9 m<sup>2</sup>, contendo 18 plantas.

### 3.4. Sistema de fornecimento de água e quantificação das lâminas aplicadas

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento para a obtenção das diferentes lâminas aplicadas. Foram realizadas combinações de emissores modelo iDrop normal da Irritec com vazões nominais de 2,0 e 4,0 L.h<sup>-1</sup>, com exceção do tratamento correspondente à menor vazão (2,0 L.h<sup>-1</sup>). Nos demais, foram utilizados 2 gotejadores por planta, espaçados 0,10 m entre si, e com auxílio de um conector com duas saídas, as vazões eram divididas e a água conduzida por tubos espaguete aos dois lados da planta, simulando assim a mesma situação dos outros tratamentos.



**Figura 1.** Croqui geral do experimento



Após a instalação do sistema de irrigação, uma semana antes do plantio, foi realizado o teste de uniformidade para avaliar a eficiência de aplicação do sistema no campo, o que indicou Coeficientes médios de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Distribuição (CUD) de 92% e 90%, respectivamente.

A determinação das lâminas aplicadas em cada tratamento foi realizada a partir das leituras diárias do hidrômetro instalado na linha principal. Foram calculados proporcionalmente, percentuais de volumes de água que foram aplicados em cada tratamento, considerando o número de emissores por tratamento e suas respectivas vazões. As lâminas aplicadas (Lam) por tratamento foram então calculadas pela equação 1:

$$Lam = \frac{Vol}{(P \times AT)} \quad (1)$$

Em que:

- Vol: volume aplicado na parcela (m<sup>3</sup>);
- P: maior valor entre porcentagem de área molhada (PAM) ou área sombreada (PAS);
- AT: área total de cada tratamento (m<sup>2</sup>).

### 3.5. Automação do manejo de irrigação com o ASI

O sistema de irrigação foi manejado automaticamente pelo ASI (MEDICI ET AL., 2010), constituído por uma cápsula cerâmica porosa (vela de filtro) conectada por um tubo flexível (mangueira de nível) a um pressostato (Figura 2).



**Figura 2.** Peças usadas para confecção do sistema de acionamento

Com o ASI instalado no campo, irá ocorrer a formação de um equilíbrio entre a cápsula e o solo. Em resposta à evapotranspiração da cultura, o conteúdo de água no perfil do solo torna-se mais baixo que o da vela, gerando a formação de uma tensão dentro da cápsula, pelo fato da água sair de dentro da vela para o solo. A tensão gerada é transmitida pelo tubo flexível ao pressostato, fazendo acionar um diafragma, permitindo, dessa forma, a passagem de corrente elétrica a uma válvula solenoide, ou no caso deste experimento, diretamente ao sistema de bombeamento.

Com o sistema de irrigação acionado, a água então é distribuída pelo sistema de gotejamento, umedecendo o perfil do solo. Neste momento, a água entra em contato com a cápsula e flui para o seu interior, aliviando a tensão dentro da vela. Conseqüentemente, a tensão na mangueira também diminui, provocando o fechamento do diafragma e da passagem de corrente elétrica, interrompendo a irrigação. Foi instalado um sensor na área experimental, abaixo de uma muda, a 0,20 m de profundidade e no tratamento com vazão  $6,0 \text{ L.h}^{-1}$ , permitindo a obtenção de maiores tensões nas lâminas abaixo dessa.

Durante a fase de estabelecimento das mudas no campo (primeiros 15 dias de cultivo), o acionamento da irrigação foi realizado de forma manual, com 30 minutos de irrigação para todas as parcelas experimentais. Nessa fase, o desnível utilizado entre a cápsula porosa e o pressostato foi de 0,4 m (aproximadamente -4 kPa) (MEDICI ET AL., 2010) e, posteriormente, de 0,6 m de desnível (aproximadamente -6 kPa). Portanto, o sistema foi instalado de forma que a tensão de água no solo no momento do acionamento e na parcela de referência ( $6,0 \text{ L.h}^{-1}$ ) fosse de -4 ou -6 kPa, de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura.

### **3.6. Análises de produção, classificação dos frutos, desenvolvimento e eficiência do uso da água**

A partir da classificação normalmente efetuada por produtores, foram avaliadas à produtividade total, caracterizada pelo peso fresco total de frutos, e a produtividade comercial, caracterizada pela diferença entre o peso fresco total de frutos e o peso fresco dos frutos que apresentaram defeitos graves, caracterizando-os como não comerciais. Além disso, foi também realizada a classificação comercial dos frutos de quiabo, conforme CEAGESP (2003), que enquadra o produto nas categorias Extra, I, II e III, em função da porcentagem de ocorrência de defeitos graves, leves, manchas e tortuosidades no fruto (Tabela 4). Em cada classe, era permitido um percentual máximo de defeitos. Esta classificação é utilizada pelo mercado atacadista do CEAGESP para a cotação de preços, atribuindo maiores valores para a categoria Extra, I, II e III, respectivamente, e foi utilizada no estudo para avaliação econômica nos três cultivos de quiabo.

**Tabela 4.** Tabela de classificação comercial, para o enquadramento da produção em categorias de qualidade, de acordo com a ocorrência de defeitos nos frutos.

Defeitos	Categoria			
	Extra	I	II	III
Graves				
Podridão	0	1	3	5
Outros	0	3	10	50
Total de graves	0	3	10	50
Leves	5	15	50	100
Manchas nível 1	5	10	100	100
Manchas nível 2	0	5	10	100
Pouca tortuosidade	5	10	100	100
Muita tortuosidade	0	1	10	100
Total de defeitos	5	15	100	100

Não foi realizada a avaliação da incidência de manchas no fruto, sendo considerados apenas os defeitos leves e graves e a tortuosidade do fruto como fatores determinantes para a classificação, pois foram observadas que todas as manchas encontradas eram decorrentes da umidade excessiva causada pelas chuvas sobre as flores já fecundadas, que grudavam no fruto em formação ocasionando as manchas de coloração escura. Como elas sumiam após a limpeza dos mesmos, decidiu-se não considerá-la para a classificação nas condições encontradas.

Na análise de tortuosidade, os frutos que formavam um ângulo entre 10° e 30° com o plano horizontal eram considerados pouco tortos, e acima de 30°, muito tortos. Os defeitos graves encontrados foram frutos fibrosos, muito encaroçados e com danos profundos no seu tecido, e os principais defeitos caracterizados como leves foram danos superficiais no tecido do fruto (CEAGESP, 2003). O comprimento dos frutos foi classificado de acordo com o CEAGESP (2003), seguindo os valores de referência da Tabela 5.

**Tabela 5.** Comprimento mínimo e máximo aceito, em metros, para enquadramento do fruto em classes de tamanho.

Classes	Comprimento (C)
6	0,06 m < C ≤ 0,09 m
9	0,09 m < C ≤ 0,12 m
12	0,12 m < C ≤ 0,15 m
Sem classe*	C > 0,15 m

\* Esta classe foi estipulada pelo autor para enquadrar os frutos com mais de 0,15 m.

Foi realizada análise de crescimento não destrutiva a partir de coletas de altura, diâmetro e contagem de brotos de 4 plantas centrais de cada parcela, efetuadas em intervalos de 30 dias contados a partir do transplântio. A altura das plantas e o diâmetro do caule a 0,10 m da superfície foram determinados, respectivamente, com régua graduada e paquímetro digital, e contabilizados brotos laterais maiores que 0,02 m de comprimento.

A eficiência de uso de água (EUA) foi obtida pelo cálculo da produtividade comercial produzida (Y), em Kg, por lâmina de água aplicada (Lam), em m<sup>3</sup>, conforme a equação 2 (LOVELLI et al. 2007).

$$EUA = \left( \frac{Y}{Lam} \right) \times 10^{-1} \quad (2)$$

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste "F" e regressão polinomial, utilizando o software estatístico Sisvar 5.0 (Ferreira, 2011).

### 3.7. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Em função das características da área (Hm = 25 mca) e do experimento (Q = 2,01 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>), foram utilizadas duas bombas centrífugas idênticas (modelo Dancor Pratika AP 2R, 127 V, ½ CV). No cultivo do verão, uma das bombas foi alimentada com energia elétrica convencional, e o seu consumo registrado diariamente em um medidor digital, enquanto no cultivo de inverno, a outra bomba foi alimentada com energia fotovoltaica, sendo o seu consumo estimado por meio do tempo de irrigação e potência da bomba.

O sistema fotovoltaico foi utilizado no experimento para suprir a demanda de uma bomba centrífuga de ½ CV, e se mostrou suficiente para tal fim. O dimensionamento do sistema fotovoltaico apresentado abaixo, foi realizado visando simular uma área de produção de 1 ha, sendo feito portanto para suprir o gasto energético de uma bomba centrífuga de 1 e ½ CV, considerando um tempo de irrigação de 0,5h/dia, tempo médio estimado com base no uso do acionador automático para o quiabeiro. Esta bomba foi dimensionada para o sistema de irrigação por gotejamento considerando uma população de vinte mil plantas, usando um emissor de 2 L.h<sup>-1</sup> por planta.

Primeiramente foi estimada a potência total demandada pelo sistema de bombeamento, através da equação 3.

$$Pt = \frac{(Eg \times G)}{(Hs \times 0,77)} \quad (3)$$

Em que:

- Pt: potência total a ser instalada (Wp);
- Eg: energia diária a ser gerada no sistema, considerando 1 h de funcionamento da bomba (0,37 Wh.dia<sup>-1</sup>);
- G: energia solar na condição de experimento das placas fotovoltaicas (G = 1000 W.m<sup>-2</sup>);
- Hs: energia solar diária disponível considerando o pior cenário de radiação solar, que ocorre no mês de setembro (Hs = 4800 Wh.m<sup>-2</sup>);

A potência total a ser instalada foi de 137 Wp. A partir disso foi possível determinar o número de placas a serem utilizadas, dividindo a potência total calculada, pela potência da placa fotovoltaica que será utilizada (140 Wp). Para o dimensionamento do inversor, foi

calculada a potência mínima que o mesmo deveria possuir, multiplicando a potência total a ser instalada pelas perdas máximas a serem consideradas (20%). Para o dimensionamento do número de baterias ( $N_b$ ), foi considerando uma autonomia de quatro dias sem energia proveniente da radiação solar. Portanto, o módulo fotovoltaico dimensionado, foi composto por uma placa solar Yingli YL140P-17b (140 Wp), que captava a energia solar e a transmitia para um controlador de carga (Epsolar Landstar LS3024B 30A), o qual distribuía a energia excedente para duas baterias estacionárias (Bosh 70 A). A corrente contínua gerada nos módulos (12 V) era convertida em corrente alternada (127 V) por meio de um inversor de 3600 W (Realbat).

Os dados de radiação solar ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) foram coletados na estação meteorológica de Seropédica - RJ (Ecologia Agrícola/INMET), localizada aproximadamente a 200 metros do local de condução do experimento, sendo transformados em irradiância ( $\text{W.m}^{-2}$ ). A energia produzida pelo sistema fotovoltaico foi estimada através do valor de irradiância solar ( $\text{W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) e da potência da placa (módulo solar). O consumo de energia do sistema fotovoltaico foi estipulado em função do tempo de funcionamento da bomba e de sua potência. A partir deste dimensionamento, foi desenvolvida uma análise de custos para comparar a viabilidade econômica da sua utilização para a irrigação do quiabeiro, frente ao uso de energia elétrica.

### **3.8. Custos monetários de produção**

O custo operacional total (COT) foi calculado através da soma dos custos de produção e custos de comercialização. Para o levantamento dos custos de produção, foi considerando o número de horas de trabalho gastos por categoria de mão-de-obra (R\$ 60,00 a diária) e trator (R\$ 100,00 a hora máquina) e os materiais de consumo utilizados no processo de produção, próprios ou adquiridos pelo produtor (sementes, água, energia, adubos, caldas e produtos biológicos, entre outros).

Para o custo da água foi considerada a tarifa da CEDAE – RJ para uso domiciliar com consumo entre 0 a 15  $\text{m}^3$  mensais, no município de Seropédica- RJ (R\$ 3,11  $\text{m}^{-3}$ ). O custo de energia foi baseado na tarifa residencial cobrada pela Ampla Energia e Serviços S.A (R\$ 0,54/kwh), de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2012). O custo da irrigação para cada tratamento aumentou de acordo com o aumento da vazão, sendo dimensionados para um hectare. Não foram considerados nesse trabalho, os valores de depreciação dos produtos, tendo em vista que a análise econômica foi feita apenas para um ano de produção.

Nesse estudo foram utilizados dois cenários de comercialização: O primeiro simula a venda direta ao consumidor em feiras orgânicas, e o segundo a venda no mercado atacadista, usando os preços praticados pelo sistema convencional de produção. Todas as feiras de referência usadas pertencem ao Circuito Carioca de Feiras Orgânicas, localizado na cidade do Rio de Janeiro. Nesse tipo de venda o produtor tem custos adicionais com o aluguel da barraca (R\$ 15,00), a remuneração do gerente da feira (R\$ 8,00), a contribuição para a ABIO (R\$ 2,00) (Fonseca et al., 2011), o custo de um dia de trabalho (R\$ 98,00) e o custo do frete da cidade de Seropédica até o bairro da Glória, no Rio de Janeiro (R\$ 400,00), totalizando um custo total por feira de R\$ 523,00, de acordo com Mata (2016). Os dias de feira foram simulados para cada cultivo de acordo com o número de colheitas realizadas em uma semana, variando conforme a época de cultivo e estágio de desenvolvimento da cultura.

O segundo cenário usado considerou a venda para o mercado atacadista (CEASA – RJ), onde a comercialização dos produtos agrícolas é feita em um pavilhão destinado aos produtores do estado do Rio de Janeiro que, através de concessões, adquirem o direito a uma “pedra” (área delimitada no pavilhão) para comercializarem sua própria produção. Para obter tal concessão é necessário apresentar documentação da terra, boletim de produção da EMATER-RIO, nota fiscal e atestado médico do produtor. Há produtores mensalistas, que pagam uma taxa e tem direito a uma “pedra”, e diaristas, que antes de iniciar a comercialização devem comprar tickets que custam R\$ 5,50. Estes tickets servem para a cobrança do aluguel do espaço, no qual o produtor deve entregar um ticket para cada caixa vendida (SEABRA, 2006). Foi considerado um custo de R\$ 300,00 de frete da cidade de Seropédica até o CEASA –RJ.

Como não há literatura sobre a variação anual dos preços praticados nas feiras livres orgânicas para o quiabeiro, foi feito um levantamento com os vendedores de quiabo da Feira Orgânica da Glória, sendo estipulada uma variação de 8 a 10 R\$ kg-1 ao longo do ano, alcançando o maior preço no inverno devido a menor oferta do produto. Por não existir classificação padrão para o mercado varejista, foi considerada a produção comercial, que foi estimada de acordo com a classificação normalmente feita pelos produtores, em que não são comercializados os frutos que apresentem qualquer tipo de defeito grave.

Para a venda da produção no mercado atacadista, foram utilizados os preços praticados no CEASA – RJ (2016) para todos os 84 dias de colheita avaliados, sendo estipulada uma média de preço semanal para cada categoria. A produção total foi dividida em caixas de 15 kg, e de acordo com a classificação comercial realizada em todas as colheitas, enquadradas nas determinadas categorias, obtendo a receita bruta a partir da soma dos preços de cada categoria. Para o grupo Extra, foi considerado o preço médio cotado, e para os grupos I, II e III, foram considerados os valores máximos, médios e mínimos atribuídos ao grupo Especial, respectivamente.

Os indicadores de rentabilidade considerados foram à renda líquida (RL), que é a diferença entre a receita bruta (RB) e os custos operacionais totais (COT), a taxa de retorno (TR), calculada mediante a razão entre a RB e o COT, e o índice de lucratividade (IL), obtido da razão entre RL e RB, expresso em porcentagem. A RL, a TR e o IL são indicadores da eficiência econômica de um sistema de produção (Beltrão et al., 1984; Oliveira et al., 2001; Cecílio Filho et al., 2008).

Foi realizada uma análise dos custos monetários do sistema orgânico de produção do quiabeiro incluindo na irrigação os custos referentes a cada vazão de gotejador testada, em todos os cultivos, para os dois sistemas de comercialização. Após essa análise, adotou-se a vazão de gotejador que proporcionou a maior rentabilidade, procedendo-se posteriormente, uma análise dos custos monetários entre as épocas de cultivo, incluindo os custos com a irrigação relativos à vazão de gotejador escolhida. A partir disto, foi desenvolvida uma análise dos custos monetários considerando o ano de produção do quiabeiro e o uso de energia convencional e fotovoltaica para alimentar o sistema de irrigação. Por último, verificaram-se quais seriam as produtividades mínimas a serem atingidas para que não ocorressem prejuízos no sistema de produção do quiabeiro orgânico irrigado, alimentado por energia fotovoltaica ou convencional.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Dados meteorológicos

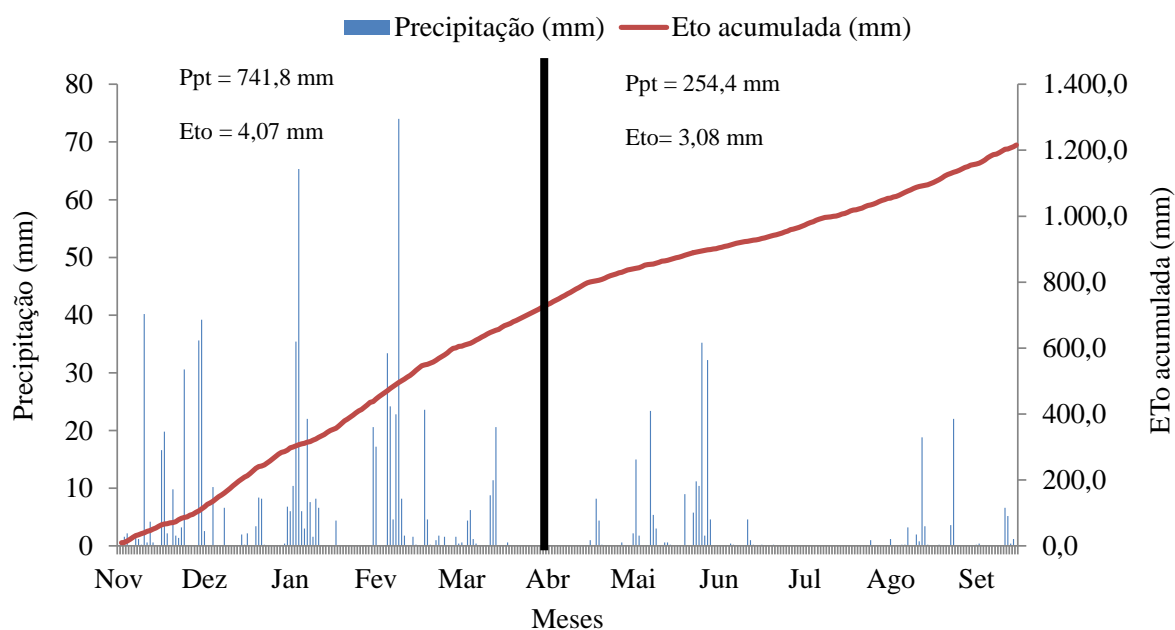
Os dados meteorológicos coletados na estação meteorológica de Seropédica - RJ (Ecologia Agrícola/INMET) e os valores calculados da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), no período de novembro de 2015 a setembro de 2016, estão apresentados na Tabela 6. Houve alta precipitação durante o cultivo de verão, totalizando 741,8 mm entre os meses de novembro a abril, e apenas 254,4 mm no cultivo de inverno (abril até setembro). Não houve precipitação em julho e no mês de fevereiro foi estimada a maior evapotranspiração (6,1 mm) e precipitação (232,2 mm). A menor ET<sub>o</sub> foi estimada para o mês de junho (1,9 mm).

**Tabela 6.** Valores médios mensais de Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), temperatura média do ar (°C), umidade relativa média do ar (UR%), velocidade do vento a 2 m (VV) e soma mensal de precipitação (mm), durante o período de condução dos experimentos.

Meses/Ano	ET <sub>o</sub> (mm.dia <sup>-1</sup> )	Precipitação (mm.mês <sup>-1</sup> )	T (C°)	UR (%)	VV (m.s <sup>-1</sup> )
Novembro/15	3,9	89,4	26,2	81,4	2,0
Dezembro/15	5,2	147,6	28	72	2,3
Janeiro/16	4,6	207,2	26,9	75,4	2,1
Fevereiro/16	6,1	232,2	28,7	69,7	2,3
Março/16	4,2	65,4	27,6	73,5	2,0
Abril/16	4,2	13,6	27,4	66,6	2,0
Mai/16	2,5	62	23	74,2	1,9
Junho/16	1,9	108	20	78,7	1,7
Julho/16	2,7	0	21,8	70,2	2,1
Agosto/16	3,4	34,8	22,8	67,8	2,4
Setembro/16	3,8	36	24,1	69,8	2,4

A distribuição das chuvas e a evapotranspiração de referência acumulada ao longo do período experimental são apresentadas na Figura 3, que foi dividida entre o cultivo de verão (de Novembro até Abril) e cultivo de inverno e rebrota (de Abril até Setembro). De acordo com a figura, podemos perceber uma distribuição irregular das chuvas, com maior concentração e distribuição de novembro a março, e uma condição de escassez de chuvas no restante do período experimental, com exceção dos meses de maio e junho. Neste ano de 2016, não ocorreu um veranico no verão (período seco na época das chuvas), fato este comum para a região, e no inverno ocorreram precipitações acima do que normalmente é esperado para esta época do ano na região, o que caracterizou um ano atípico com grande disponibilidade hídrica advinda das precipitações. A soma total de precipitação ocorrida no cultivo de verão foi cerca de três vezes maior que a ocorrida no cultivo de inverno e rebrota.

A evapotranspiração de referência acumulada teve um aumento expressivo no período do verão, comparando-a com os períodos de outono e inverno, reduzindo a partir de maio. A média de evapotranspiração de referência no período do cultivo de verão foi aproximadamente 1 mm maior que a média encontrada no período do cultivo de inverno e rebrota.



**Figura 3.** Precipitações (mm) e evapotranspiração de referência acumulada (mm) durante o período de condução do experimento.

#### 4.2. Consumo hídrico do quiabeiro

A lâmina aplicada (LI), a precipitação (PT) e a lâmina total (LI + PT), em cada época de cultivo, estão representadas na Tabela 7.

**Tabela 7.** Precipitação, lâminas aplicadas e lâminas totais (mm).

Período	Vazão (L.h <sup>-1</sup> )	Lâmina aplicada (mm)	Precipitação (mm)	Lâmina total (mm)
Verão (Nov/Abr)	2,0	142,82	741,8	884,6
	4,0	285,64		1027,4
	6,0	430,09		1171,9
	8,0	572,91		1314,7
Rebrota (Abr/Ago)	2,0	92,49	183,6	276,1
	4,0	184,98		368,6
	6,0	278,52		462,1
	8,0	371,0		554,6
Inverno (Mai/Set)	2,0	112,7	254,4	367,1
	4,0	225,55		479,9
	6,0	339,60		594,0
	8,0	452,38		706,9

Em uma área sub-úmida na Nigéria, no período do verão, Odofin et al. (2011), fazendo o manejo da irrigação a partir do balanço de água no solo, encontraram uma ETC de 374 mm para a variedade Amugbadu e de 334 mm para a variedade Oniyaya. A evapotranspiração potencial (ETp), calculada diariamente utilizando um modelo desenvolvido



para as condições ambientais nigerianas (DURU, 1984; ABU E EDOGA, 2008) foi de 551 mm.

Panihagri & Sahu (2012) aplicaram 467,7 mm, utilizando irrigação por sulcos e manejo pelo balanço hídrico de água no solo. No manejo da irrigação em que um dos dois sulcos vizinhos era irrigado alternadamente durante a rega consecutiva, foram aplicados 393,08 mm, e na irrigação fixada a um dos dois sulcos vizinhos (AFI), foram aplicados 348,5 mm.

No Paquistão, Siyal et al. (2016), cultivando o quiabeiro no período de verão, em que ocorreu baixa precipitação total (1,5mm), e temperaturas médias mensais para os meses de junho, julho e agosto, de 39,5; 38,2 e 36,8° C, respectivamente, com as taxas de evaporação média diária correspondente a 9,11; 8,43 e 6,75 mm, mostraram que a água de irrigação total aplicada no tratamento com irrigação alternada de sulcos (AFI), foi de aproximadamente metade (248 mm) da água aplicada no tratamento com irrigação convencional de sulcos (CFI), que foi de 497 mm.

Os trabalhos citados anteriormente, que utilizaram o balanço de água no solo como método de manejo da irrigação, foram aplicados lâminas na faixa entre 330 a 550 mm para o cultivo de verão, corroborando com a lâmina aplicada pelo ASI. Em Seropédica – RJ, no período de novembro de 2014 a abril de 2015, Fortuna (2016) trabalhou com o quiabeiro irrigado por gotejamento, e estimando a lâmina de irrigação por Penman Monteith e com coeficiente de cultura corrigido para as condições climáticas locais, aplicou lâmina de 435,86 mm, com uma precipitação de 321,8 mm no período. No presente trabalho, realizado no mesmo local, foi aplicada lâmina de 430,9 mm no tratamento controle, com uma precipitação de 741,8 mm. A evapotranspiração da cultura corrigida (ET<sub>cloc</sub>), calculada também através do método de Penman Monteith, foi de 476,98 mm, portanto, acima do valor aplicado pelo ASI. Os resultados são semelhantes e comprovam a eficácia do acionador no manejo da irrigação do quiabeiro.

Paes et al. (2012), ao trabalhar com a cultivar Santa Cruz 47 no período de inverno em Campos dos Goytacazes – RJ, realizando o manejo da irrigação por aspersão convencional através do balanço de água no solo, aplicaram 221 mm durante o ciclo, ocorrendo precipitação de 299,7 mm. Costa (2014), cultivando o quiabeiro em Goiás, no período entre julho a outubro, aplicou lâmina acima de 400 mm, considerando 100% da evaporação do tanque Classe A (ECA).

Neste trabalho, no cultivo de inverno, foi aplicado 339,60 mm no tratamento onde se encontrava instalado o acionador (lâmina irrigada), com uma precipitação total de 254,4 mm. A evapotranspiração da cultura corrigida (ET<sub>cloc</sub>), estimada por Penman Monteith FAO 56, foi de 238,91 mm, para a mesma região, período e época de cultivo. O consumo hídrico da cultivar Santa Cruz 47 no período de inverno ficou entre os valores encontrados pelos autores acima (221 a 400 mm). O baixo valor de lâmina de irrigação encontrado por Paes et al. (2012), comparado ao presente trabalho, é compensado pelos altos volumes de precipitação ocorridos, ficando próximo os valores quando comparadas as lâminas totais (lâmina irrigada + precipitação).

Diferentemente do cultivo de verão, o manejo com o ASI no período de inverno permitiu a aplicação de maior lâmina do que o estimado por Penman Monteith. Nessas

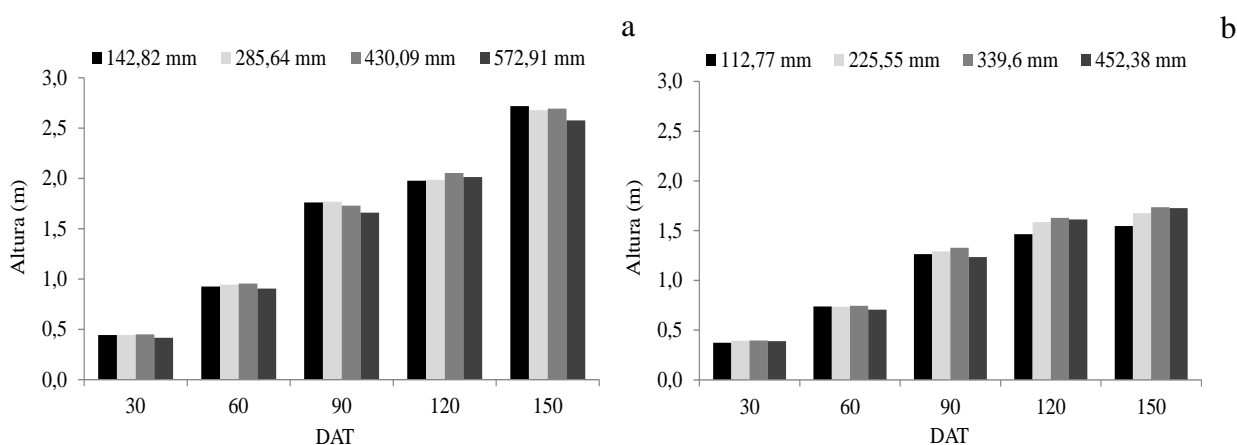
condições, o acionador, que funciona como um tensiômetro, sofre maior influência das altas tensões de água no solo, quando comparado à maior demanda evapotranspirométrica da cultura estimada no verão.

Na rebrota do cultivo de verão foi aplicada lâmina de 278,52 mm, no tratamento onde estava instalado o sensor. Não há na literatura trabalhos sobre consumo hídrico da rebrota do quiabeiro, porém o valor é semelhante ao aplicado no tratamento de inverno (275,16 mm), ao considerarmos o mesmo tempo para os dois cultivos, demonstrando que provavelmente o sensor não sofre influências de um sistema radicular já desenvolvido, quando comparado a outro em fase de emergência de raízes, no período de estabelecimento da cultura. Além disso, deve se considerar que a necessidade hídrica de uma cultura está relacionada à sua demanda evapotranspirométrica e pelo fato da evaporação da água do solo prevalecer sobre a transpiração das plantas nesse período, o processo ocorre de forma semelhante nos dois cultivos, devido a pequena área foliar da cultura tanto na área recém-transplantada como na rebrota do cultivo de verão.

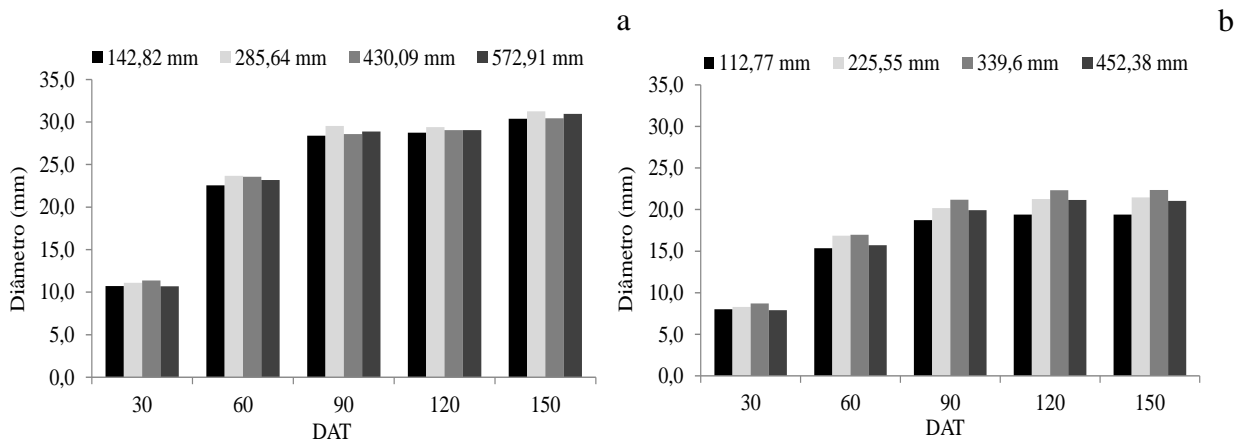
### 4.3. Análise de crescimento

Os resultados da análise de crescimento não destrutiva encontram-se apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, representados, respectivamente, pelas determinações de altura da planta, diâmetro do caule e número de brotações laterais, a partir das lâminas aplicadas nos cultivos de verão e inverno.

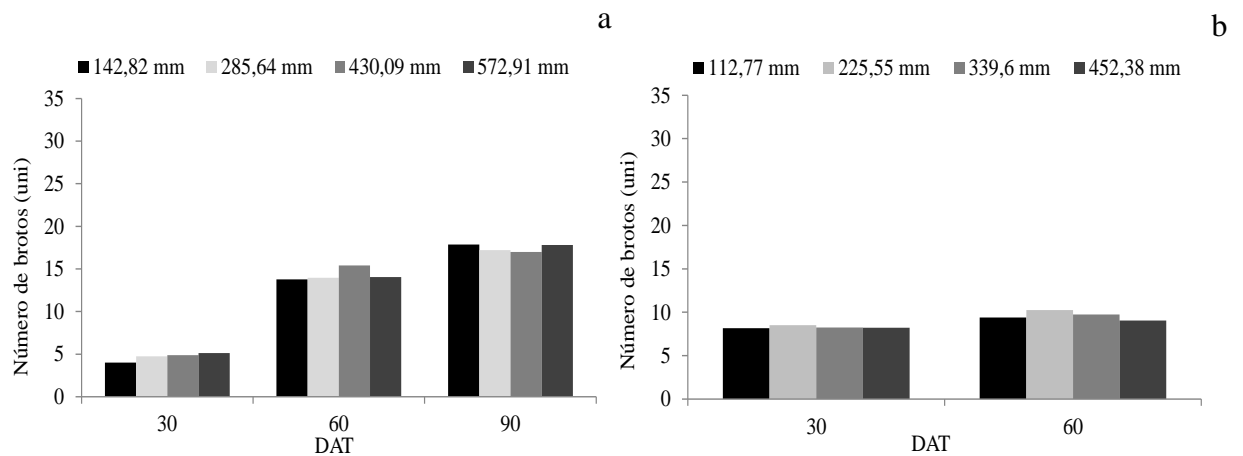
As plantas atingiram maior altura no cultivo de verão, provavelmente em decorrência das maiores temperaturas ocorridas no verão em contraste com o período de inverno. Sonnenberg e Silva (2002), estudando a diferença de épocas de cultivo no desenvolvimento do quiabeiro encontraram diferenças na altura das plantas, sendo que, no plantio de verão a altura excedeu ao dobro da alcançada no plantio de inverno. Esse resultado foi influenciado pelo alongamento dos entre-nós, que é dependente da incidência de maiores temperaturas, quando comparadas as duas épocas de cultivo.



**Figura 4.** Altura média das plantas (cm), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b).



**Figura 5.** Diâmetro médio do caule (mm), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b).



**Figura 6.** Número médio de brotações laterais (unidade), em função das lâminas aplicadas, no cultivo de verão (a) e de inverno (b).

No presente trabalho não foi encontrada diferença significativa na altura, diâmetro e número de brotações das plantas de quiabeiro, devido às lâminas testadas, a um nível de 5% de significância, fato que reforça a ideia de que os déficits hídricos impostos não foram intensos o suficiente para influenciar as variáveis relativas ao crescimento do quiabeiro.

O cultivo do quiabeiro no período de primavera/verão na Índia, durante três anos consecutivos, com irrigação manejada pelo método de Penman Monteith, foi estudada por Tiwari et al. (1998). Estes autores verificaram que a altura das plantas respondeu aos níveis de irrigação por gotejamento, mas em contrapartida, não detectaram diferenças a irrigação por sulco ou por gotejamento, sendo observada uma tendência similar durante os três anos de estudos.

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita, existe relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento, ou seja, a evapotranspiração máxima corresponde ao crescimento máximo. Porém, quando há restrição hídrica, ocorre também redução do crescimento, devido ao aumento da tensão

matricial, que prova redução no consumo de água e influenciará em uma menor altura das plantas (LIMA et al., 2006).

No inverno, em estudo conduzido por Costa (2014), o cultivo do quiabeiro manejado com irrigação por gotejamento, evidenciou que a cultura respondeu à variável altura com o incremento da lâmina aplicada até 108% da ECA. Aragão et al. (2011), ao avaliarem lâminas de irrigação na cultura do pimentão, observaram maior altura média de plantas utilizando a reposição de até 100% da ETc. Sousa et al. (2008) e Freitas et al. (2012) também constataram aumento da altura das plantas de algodão e girassol, em função do aumento da lâmina de irrigação até 100% da ETc.

Costa (2014) verificou que a cultura respondeu de forma satisfatória quanto ao incremento no diâmetro do caule até a lâmina aplicada de 115,9% da ECA, seguindo a mesma tendência da altura, evidenciando que a cultura do quiabo não apresenta rendimento satisfatório ao ser irrigado com lâminas acima do máximo evaporado por dia no tanque Classe A. Este mesmo comportamento foi observado por Silva (2012), em estudos com tomateiro cultivado com distintas taxas de reposição hídrica. Das lâminas aplicadas por Silva (2012), houve um aumento do diâmetro do caule até a de 125% da ECA, sendo diferentes do encontrado por Costa (2014) para o quiabeiro, devido às diferenças de demanda hídrica entre as duas culturas.

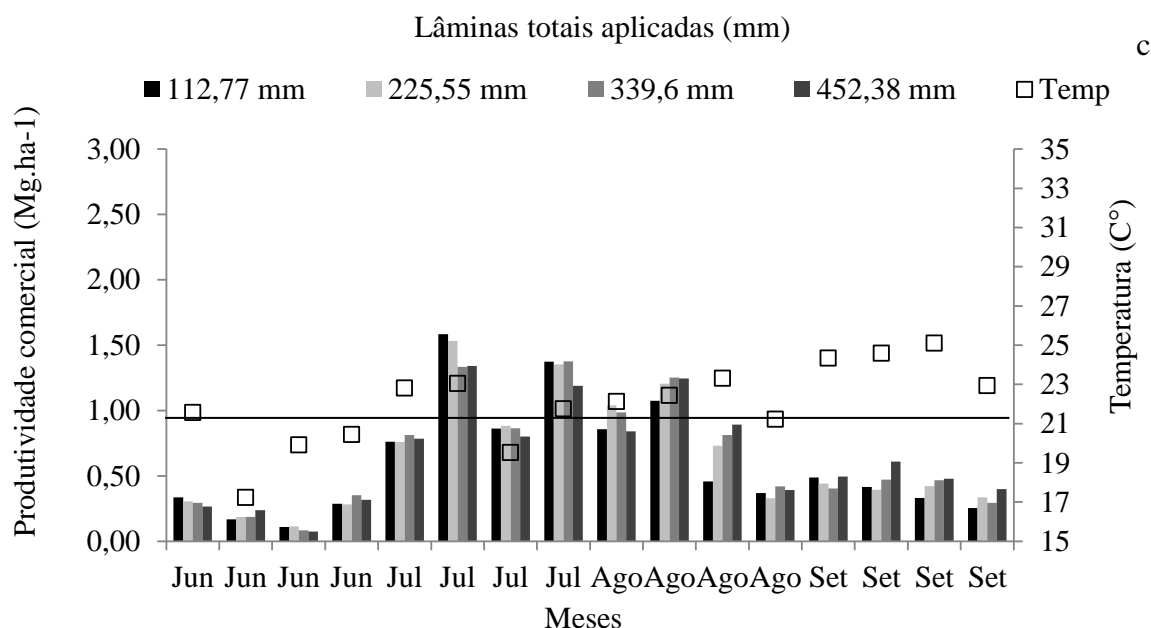
Esses resultados corroboram com os encontrados por Sousa et al. (2008), que avaliaram o efeito das lâminas de irrigação nos níveis de 55, 70, 85, 100 e 115% da evapotranspiração da cultura (ETc) no desenvolvimento do algodão herbáceo, e constataram efeito dos tratamentos no diâmetro do caule. Os resultados possivelmente estão relacionados às respostas fisiológicas da cultura ao manejo da irrigação com diferentes lâminas, assim como aos períodos de avaliação, épocas de plantio e condições climáticas. Taiz e Zeiger (2013) afirmam que uma planta, quando submetida ao estresse hídrico, tem praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode modificar a anatomia e a morfologia, como também interferir em muitas reações metabólicas e reduzir o crescimento.

O número de brotações laterais apresentou a mesma tendência encontrada nas demais variáveis estudadas, sendo maiores também no cultivo de verão quando comparadas ao cultivo de inverno (figura 6), por conta do seu maior desenvolvimento vegetativo nessa época do ano, não havendo diferença em decorrência das lâminas testadas nos dois cultivos.

#### **4.4. Produtividade semanal de frutos comerciais no cultivo de verão e de inverno**

São apresentados na Figura 7 a produtividade comercial semanal do quiabeiro em relação às lâminas aplicadas e a variação da temperatura média semanal, ao longo do ciclo de produção, para o cultivo de verão (a), rebrota (b) e inverno(c).





**Figura 7.** Produtividade comercial semanal do quiabeiro ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em relação às lâminas aplicadas (mm), e médias semanais de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), ao longo do ciclo de produção, nos cultivos de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).

Segundo Camargo (1981), as temperaturas médias mais apropriadas para essa cultura estão na faixa de  $21,1$  a  $29,4^{\circ}\text{C}$ , com a média das máximas e mínimas em  $35^{\circ}\text{C}$  e  $18,3^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. No cultivo de verão não foram encontradas temperaturas abaixo de  $24^{\circ}\text{C}$ , mas acima de  $29,4^{\circ}\text{C}$  foi encontrada apenas na primeira semana de produção ( $30,5^{\circ}\text{C}$ ), fato que pode ter causado o abortamento de flores, influenciando conseqüentemente na queda de produtividade, na segunda semana de produção. As maiores temperaturas dentro do pico de produção foram encontradas da sexta à décima semana, com a máxima produtividade sendo encontrada na oitava semana. Percebe-se, portanto, que para essa época do ano na região, apenas a ocorrência de temperaturas acima da faixa ótima recomendada podem causar redução na produtividade e que a pequena variação de temperatura não influenciou as maiores produtividades.

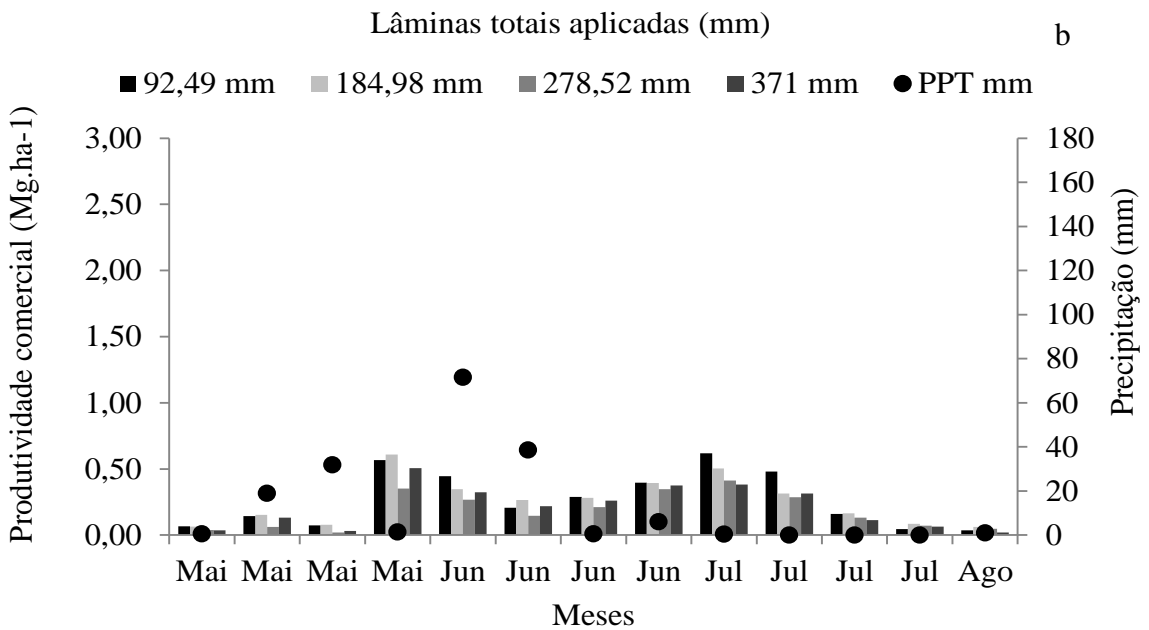
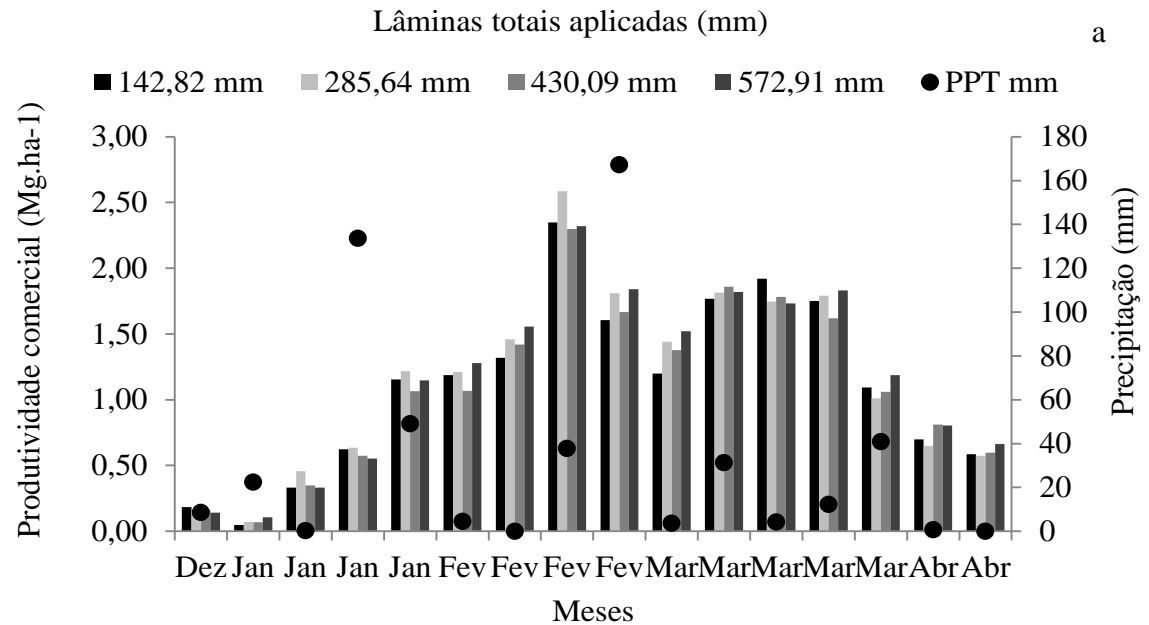
No cultivo de inverno foi medidas temperaturas abaixo de  $21^{\circ}\text{C}$  na segunda, terceira, quarta e sétima semana de produção, sendo a sétima e a décima primeira semana, as que obtiveram menores produtividades, ao considerarmos somente o pico de produção. Na sexta semana de produção, quando foi obtida maior produtividade, ocorreu a maior temperatura ( $23^{\circ}\text{C}$ ), dentro do pico de produção.

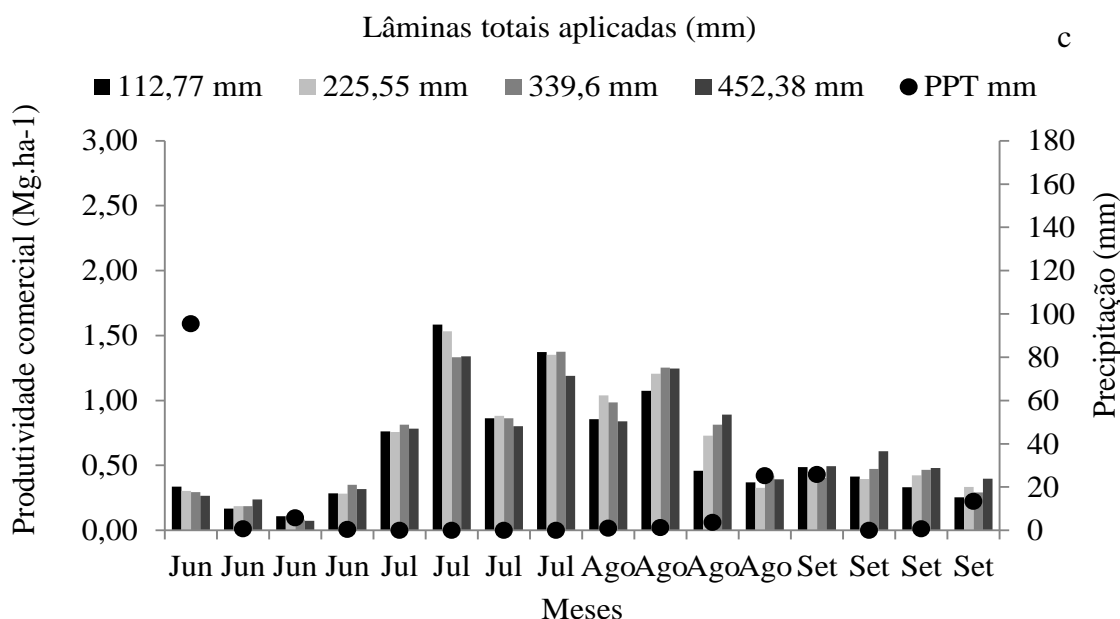
No período de rebrota do cultivo de verão, as temperaturas abaixo de  $21^{\circ}\text{C}$  foram verificadas na sexta, sétima e oitava semana, período que também foram verificadas as menores produtividades, dentro do período de pico de produção. A maior temperatura dentro desse período foi observada na quinta semana ( $23,6^{\circ}\text{C}$ ), porém, as maiores produtividades foram encontradas na nona semana ( $22,1^{\circ}\text{C}$ ).

É possível perceber, portanto, para essa época do ano e região, que temperaturas médias abaixo da faixa ótima para a cultura podem influenciar na queda de produtividade, e o

aumento da temperatura por ser pequeno e estar ainda bem abaixo da temperatura ótima máxima, provavelmente não influenciou no aumento da produtividade semanal.

A figura 8 representa a produtividade comercial semanal do quiabeiro em relação às lâminas aplicadas, e as precipitações totais semanais, ao longo do ciclo de produção, no cultivo de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).



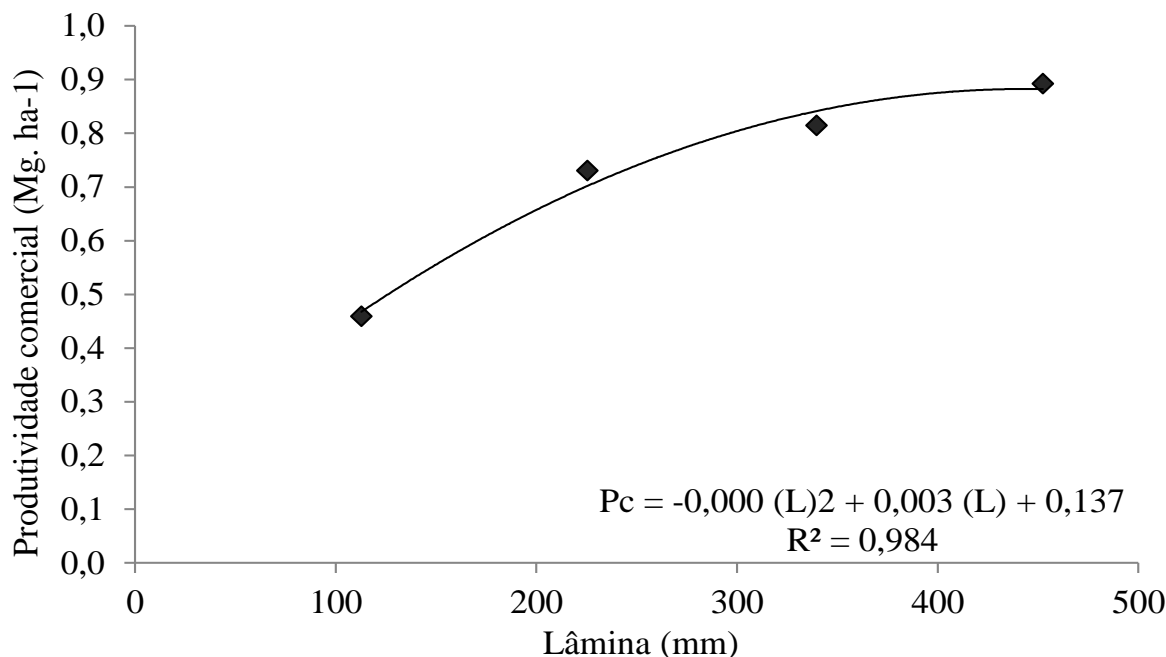


**Figura 8.** Produtividade comercial semanal do quiabeiro ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em relação às lâminas aplicadas (mm), e precipitações totais semanais (mm) ao longo do ciclo de produção, nos cultivos de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).

Durante o pico de produção do cultivo de verão, houve uma queda de produtividade na décima semana, que pode ter sido influenciada pela alta precipitação ocorrida na semana anterior (167, 2 mm), causando excesso de umidade no solo. Em algodão, também uma Malváceae, o encharcamento do solo pode reduzir o crescimento da raiz, a absorção de nutrientes, a área foliar, a condutância estomática, o potencial de água da folha e a fotossíntese, sendo sua produção mais sensível ao encharcamento que ocorre até a metade do período de florescimento (BANGE ET AL., 2004). Pode-se observar que houve alta distribuição das chuvas ao longo de todo o período no cultivo do verão (Figura 3), sendo determinante para que não ocorressem efeitos das lâminas aplicadas na produtividade semanal da cultura.

Nos três cultivos, de acordo com a interpretação da análise de variância, houve apenas diferenças significativas na produtividade total e comercial entre as lâminas testadas, para a décima primeira semana do cultivo de inverno. Nesse cultivo, não houve precipitação da quarta à décima semana de produção, como é possível observar através da Figura 8 (b), possibilitando assim que as lâminas aplicadas exercessem influência na produtividade. O modelo matemático que melhor se ajustou ao conjunto de dados foi o quadrático, com efeito significativo ( $p < 0,01$  e a 0,05) e um coeficiente de determinação de 0,98, havendo um crescimento exponencial de produtividade conforme o aumento das lâminas testadas.





**Figura 9.** Curva de regressão para a produtividade comercial (Mg.ha<sup>-1</sup>) na décima primeira semana de produção no cultivo de inverno, em relação às lâminas aplicadas (mm).

Cultivando quiabeiro no inverno e usando irrigação por gotejamento, Costa (2014) verificou que a aplicação de lâminas superiores a 100 % da ECA provoca decréscimo de produção, o que não ocorreu neste trabalho, levando a crer que poderiam ser testadas lâminas maiores, correspondente a 100% ou mais da demanda hídrica do quiabeiro.

Pelo fato das culturas possuírem diferentes demandas hídricas, as lâminas que correspondem às máximas produtividades podem variar de forma expressiva. Portanto, para o quiabeiro, não deve ser utilizada lâminas maiores que 100% da sua demanda hídrica, de acordo com o exposto por Costa (2014), devendo-se priorizar o manejo correto da irrigação, que irá refletir em redução dos custos de produção.

#### 4.5. Ciclo do quiabeiro e produtividade total nas diferentes épocas de cultivo

É apresentada na tabela 8 a duração do ciclo do quiabeiro, contado a partir do momento do transplante das plântulas, dividindo-os em fase vegetativa, início e o período total de colheita.

**Tabela 8.** Período de fase vegetativa, início e duração da colheita, nos três cultivos.

Época de cultivo (Meses)	Fase vegetativa	Primeira colheita	Última colheita
	Dias após o transplante (DAT)		
Verão (Nov/Abr)	30	38	152
Rebrota (Abr/Ago)	0*	21	109
Inverno (Abr/Set)	34	52	155

\*Na rebrota, o dia do corte das plantas foi considerado como a semeadura, com a cultura já se encontrando na fase reprodutiva.

Sonnenberg e Silva (2002) relataram que o período necessário para a abertura da primeira flor da cultivar Santa Cruz 47 foi de 55 dias quando semeada no mês de agosto (cultivo de verão) e de 62 dias, após a semeadura em bandejas (DAS), no mês de maio (cultivo de inverno). Os mesmos autores encontraram tempo entre a observação de floração nas plantas e a primeira colheita foi de 9 e 11 dias, respectivamente, diferenciando-se do tempo encontrado no presente trabalho, de 8 e 18 dias para o cultivo de verão e inverno, respectivamente. Este maior período no cultivo de inverno pode ter ocorrido devido a semeadura ter sido feita em uma época de menores temperaturas, o que pode influenciar em um maior período entre o surgimento da flor e a formação do fruto. O período vegetativo encontrado no trabalho foi maior do que o encontrado pelo autor, ao somarmos os 32 dias das mudas em bandejas antes delas irem para o campo, possivelmente devido às maiores temperaturas encontradas em outubro e março, quando comparadas com agosto e maio, e também pelo uso da irrigação, aspectos importantes no manejo que podem ter influenciado no aumento do período vegetativo.

Galati (2010), ao trabalhar no verão com a cultivar Santa Cruz 47, encontrou fase vegetativa de 64 DAS, corroborando com Filgueira (2008), que descreve 60 a 75 DAS para cultivos de primavera-verão, quando semeados diretamente no campo. Já o seu período de colheita de 56 dias, pode ser considerado curto em relação, por exemplo, ao informado por Filgueira (2008), que relata que pode ser alcançado um período de frutificação superior a 200 dias, conforme a época de cultivo.

A partir da classificação realizada pelos produtores, principalmente se tratando do sistema orgânico em que não há um mercado atacadista que estabelece o padrão comercial, foram calculadas as produtividades total e comercial do quiabeiro, para o cultivo de verão, na rebrota e no cultivo de inverno (Tabelas 9, 10 e 11).

**Tabela 9.** Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo de verão.

Lâmina (mm)	Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )		
	Total	Comercial	Não comercial
142,82	18,75	17,82	0,93
285,64	18,71	17,78	0,93
430,09	19,83	18,63	1,20
572,91	19,76	18,84	0,92

**Tabela 10.** Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo da rebrota.

Lâmina (mm)	Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )		
	Total	Comercial	Não comercial
92,49	2,88	2,39	0,49
184,98	4,02	3,32	0,70
278,52	4,26	3,52	0,73
371	3,47	2,78	0,69

**Tabela 11.** Lâminas de irrigação e produtividades total, comercial e não comercial do cultivo de inverno.

Lâmina (mm)	Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )		
	Total	Comercial	Não comercial
112,77	10,77	9,72	1,04
225,55	11,24	10,30	0,93
339,60	11,20	10,40	0,80
452,38	11,32	10,35	0,97

Nos três cultivos não houve diferença significativa entre as produtividades total e comercial nas lâminas aplicadas, de acordo com a análise de variância. Provavelmente, isto ocorreu em função da alta frequência e distribuição de chuvas durante os ciclos da cultura, principalmente no cultivo de verão, inibindo os efeitos que poderiam ocorrer entre as diferentes lâminas testadas, sob a produtividade do quiabeiro. A ocorrência de um veranico pouco acentuado nessa época, algo incomum para a região, contribuiu para esse cenário de ausência de estresse hídrico (Figura 3).

No Paquistão, no período de verão, Siyal et al. (2016) encontraram produtividades totais de 13,11 e de 14,15 Mg.ha<sup>-1</sup>, com irrigação alternada de sulcos (AFI) e irrigação convencional de sulcos (CFI), respectivamente. Tiwari et al. (1998), ao cultivar o quiabeiro em um solo limo arenoso laterítico (18,4% de argila, 22,6% de silte e 59,0% de areia) na primavera e verão da Índia, com evaporação média diária para os meses de fevereiro, março, abril e maio, de 7,38; 9,06; 9,16 e 9,16 mm, respectivamente, obtiveram produtividade total média de 14,51 Mg.ha<sup>-1</sup>, durante três anos consecutivos de plantio, adotando irrigação por gotejamento e manejo por Penman Monteith.

No verão de Seropédica – RJ, Fortuna (2016), utilizando o método de Penman Monteith para fazer o manejo da irrigação por gotejamento, encontrou uma produtividade total média de 9,96 Mg.ha<sup>-1</sup> entre todas as lâminas testadas, manejando a cultivar Santa Cruz 47 em sistema orgânico de produção, em uma área infestada por nematóides.

No verão da Paraíba, trabalhando com a mesma cultivar e adotando irrigação por gotejamento manejada pelo tanque Classe A, Barbosa (2016) encontrou produtividades de 13,58 e 9,29 Mg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para presença e ausência de cobertura vegetal, considerando o fornecimento de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc). Para 50% da ETc, as produtividades foram de 12,81 e 9,15 Mg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Passos et al. (2008), ao plantar no verão diversas cultivares de quiabeiro em sistema orgânico utilizando apenas composto vegetal como fertilizante, relataram produtividades que variaram de 10,3 a 17,0 Mg.ha<sup>-1</sup> entre as cultivares, com 15,0 Mg.ha<sup>-1</sup> para a cultivar Santa Cruz 47. Estes valores são inferiores aos encontrados no presente trabalho, que utilizou composto animal como adubação de base e composto vegetal apenas na adubação de cobertura.

O valor médio encontrado no cultivo de verão está dentro da faixa de produtividade esperada da cultura, que de acordo com Galati (2010), é de 15 a 20 Mg.ha<sup>-1</sup>, mas pode variar em função do período de colheita, conforme verificado nas Tabelas 8, 9 e 10. Segundo o IEA (2016), a produtividade de quiabeiro não apresentou grande variação nos últimos dez anos,

com produtividade média de 14,74 e 13,24 Mg.ha<sup>-1</sup> em 2014 e 2015, considerando o sistema convencional de produção.

Devido à possibilidade de se produzir quiabo usando um baixo nível tecnológico, e pelo fato de seu maior desenvolvimento e produção serem no cultivo de verão, as lavouras de quiabeiro geralmente não são irrigadas, o que pode explicar, em parte, a baixa média nacional de produtividade. Verifica-se, portanto, que as produtividades obtidas neste trabalho para o período do verão estão acima da média nacional e de todos os trabalhos citados.

Levando em consideração que todos os resultados citados foram obtidos em sistema convencional de produção, torna-se evidente as altas produtividades que podem ser alcançadas em sistema orgânico de produção, desde que sejam empregados manejos adequados de adubação e irrigação, aliados ao cultivo mínimo do solo.

No período do inverno em Campos dos Goytacazes (RJ), Paes et al. (2012) utilizaram manejo da irrigação pelo balanço de água no solo e obtiveram rendimento de 11,3 Mg.ha<sup>-1</sup>. Em Goiás, Costa (2014), também trabalhando no sistema convencional com a cultivar Santa Cruz 47, no período entre julho a outubro, encontrou uma produtividade média de 15,05 Mg.ha<sup>-1</sup>, em resposta à uma lâmina correspondente a 102,96% da ECA.

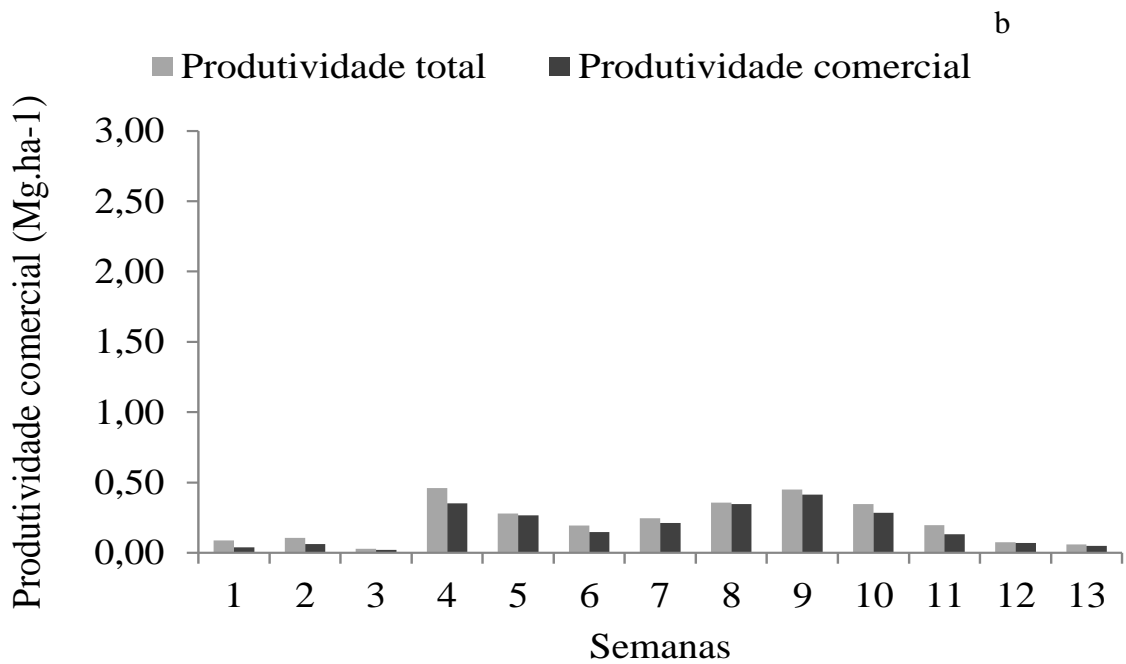
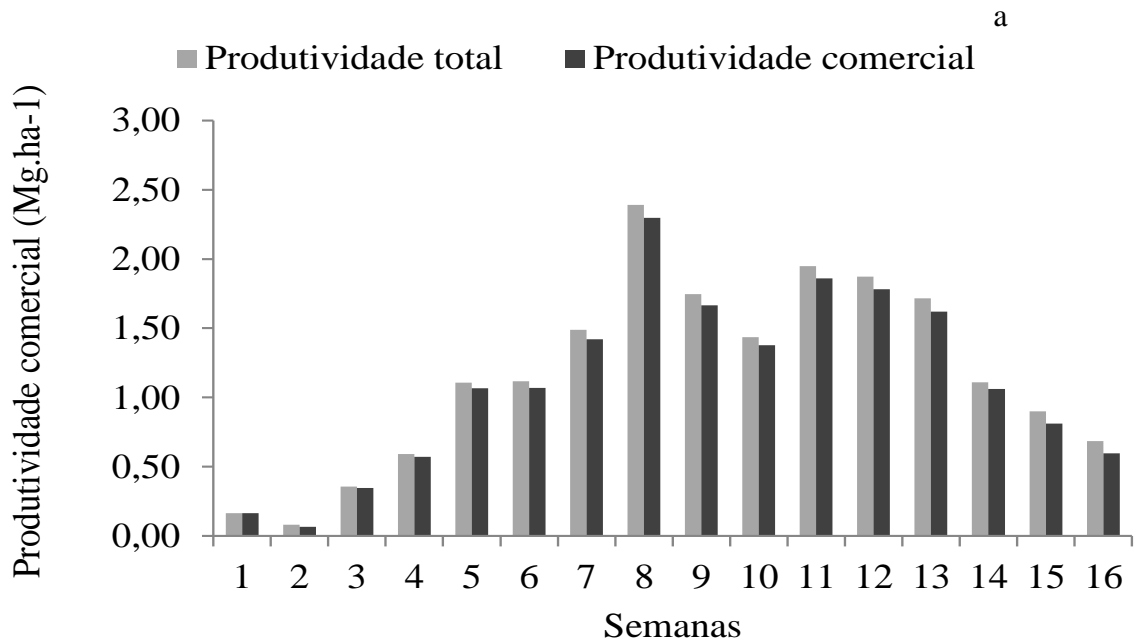
A produção de inverno obtida neste trabalho (Tabela 11) é considerada satisfatória, pois de acordo com Filgueira (2000), a temperatura neste período é fator limitante na produção contínua do quiabeiro. A estação seca favorece também o desenvolvimento e proliferação do oídio (*Erysiphe cichoracearum*), razão pela qual essa doença é a mais importante no inverno (MASSOLA Jr & BEDENDO, 1997), além de algumas pragas que podem influenciar na redução de produtividade do cultivo de inverno. Isso aconteceu também no cultivo da rebrota, que foi conduzida em área adjacente ao cultivo de inverno. Somado a isso, deve-se considerar que em sistema orgânico de produção o controle fitossanitário é limitado, quando comparado com sistemas convencionais, que possuem produtos de alto poder residual, denotando a importância de se promover a rotação de culturas para quebrar o ciclo das pragas e diminuir a proliferação de doenças, e o uso de barreiras com plantas arbóreas e arbustivas separando as glebas, visando reduzir o transporte de inóculos de uma lavoura para outra.

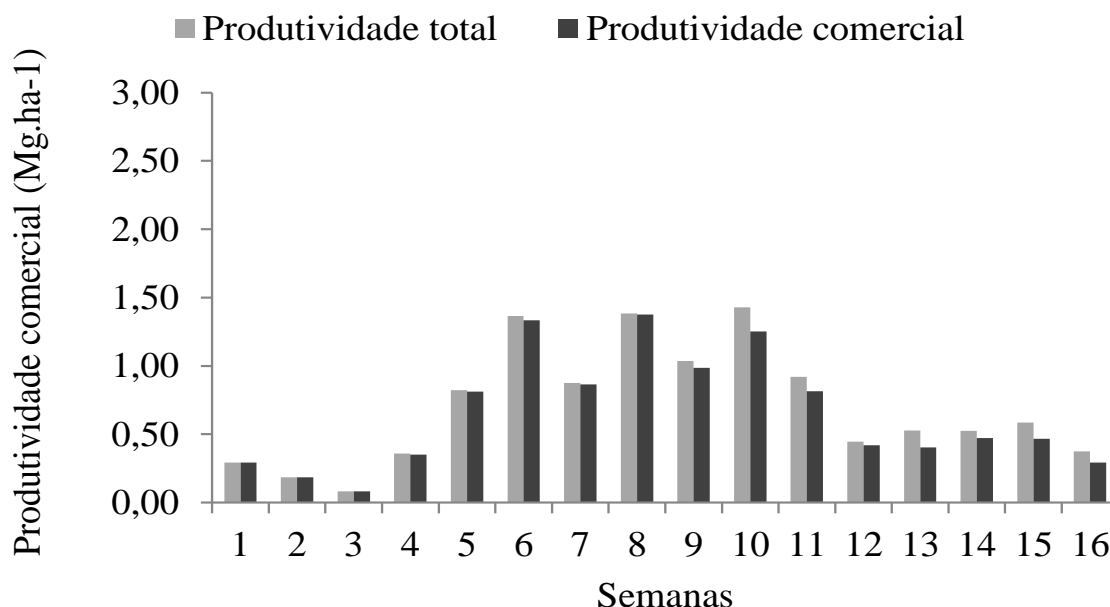
A produtividade média total da rebrota foi de 3,66 Mg.ha<sup>-1</sup>, aproximadamente três vezes inferior à de inverno. Isto ocorreu por conta de alguns fatores, como o maior convívio com pragas e doenças que já afetavam essas plantas no cultivo de verão, por ser uma planta com idade fisiológica mais avançada do que as plantas do cultivo de inverno, e também devido ao menor período de colheita alcançado pelas plantas por ocasião da rebrota.

A produtividade variou significativamente entre os períodos de cultivo, considerando a média das lâminas aplicadas e das produtividades obtidas. A maior lâmina, aplicada no cultivo de verão, proporcionou a maior produtividade comercial, seguida das lâminas aplicadas nos cultivos de inverno e da rebrota.

#### 4.6. Análise de perdas de frutos comerciais

A produtividade total e comercial semanal obtida no tratamento em que se encontrava instalado o sensor ( $6 \text{ L.h}^{-1}$ ), estão apresentadas abaixo, para o cultivo de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).





**Figura 10.** Produtividade total e comercial do quiabeiro ao longo do ciclo, para o cultivo de verão (a), rebrota (b) e inverno (c).

No cultivo de verão, o período da semana 7 até a semana 13 obteve as maiores produtividades, com o pico de produtividade total e comercial ocorrendo na semana 8, e o declínio sendo observado a partir da semana 14. No cultivo de inverno, o período de maiores produtividades foi observado da semana 5 até a semana 11, com o pico de produtividade total e comercial ocorrendo na semana 6, 8 e 10, e o declínio iniciando-se a partir da semana 12. No cultivo da rebrota, o período de maior produção ocorreu entre a semana 4 e a semana 10, com o pico de produtividade ocorrendo na semana 9, e o declínio sendo observado a partir da semana 11.

De acordo com as figuras acima, em todos os ciclos de cultivo, as diferenças entre a produtividade total e comercial foram menores ou inexistentes no início do ciclo de produção, aumentando com o tempo em virtude do aumento da incidência de pragas e doenças na lavoura. O encarquilhamento das folhas, conhecido como erinose-do-quiabeiro, foi a principal causa do aumento de frutos fibrosos e muito tortos, sendo causado por uma toxina liberada pelo ácaro *Aceria esculenti* ao se alimentar da seiva da planta. Nesse processo alimentar, o ácaro introduz toxinas no tecido vegetal, o que provoca a proliferação de células, com consequente formação de galhas (eríneas) que irão servir de abrigo e proteção ao próprio ácaro (MOURA & GUIMARÃES, 2014). Segundo os mesmos autores, os frutos atacados tornam-se imprestáveis para a comercialização e consumo, e quando as galhas ocorrem na brotação terminal, ocorre a paralização do crescimento da planta, com consequente emissão de brotações laterais, tornando a planta improdutiva.

Ao comparar as produtividades total e comercial, observou-se no cultivo de verão, que em média, 5 % do total de frutos apresentaram-se como não comercializáveis. Cultivando diversos materiais de quiabeiro em sistema orgânico, no período de verão, Passos et al. (2008) relataram que os frutos não comercializáveis devido aos defeitos observados representaram de 2 a 7% do total colhido. Presentemente, na rebrota, 18 % dos frutos foram enquadrados como não comerciais; e no cultivo de inverno, 8,5 % dos frutos foram classificados como não

comerciais; o que denota que as maiores perdas de produção comercial ocorrem nas épocas desfavoráveis ao pleno desenvolvimento e frutificação do quiabeiro.

#### 4.7. Análise de qualidade dos frutos

Nas Tabelas 12, 13 e 14, são apresentadas as proporções de defeitos e de tortuosidades dos frutos, para os cultivos de verão, de rebrota e de inverno. Não foram detectadas diferenças significativas quanto aos defeitos (graves e leves) e na tortuosidade dos frutos, entre as lâminas testadas nos três ciclos de cultivos. A maior proporção de frutos com defeitos leves, graves, muito e pouco tortos foram encontradas na rebrota, devido a sua idade fisiológica mais avançada e maior ocorrência de problemas fitossanitários, pois essas plantas já haviam sofrido o ataque de pragas e doenças antes de serem cortadas, apresentando assim, maior incidência de defeitos nos frutos do que as plantas do ciclo de inverno, que foram cultivadas simultaneamente a condução da rebrota.

**Tabela 12.** Porcentagem dos defeitos e de tortuosidade dos frutos para o cultivo de verão

Lâmina (mm)	Defeito		Tortuosidade	
	Grave	Leve	Muito	Pouco
142,82	1,66	3,53	2,76	5,93
285,64	1,65	3,93	2,83	5,97
430,09	1,43	3,93	3,12	5,92
572,91	1,83	3,88	2,91	6,74

**Tabela 13.** Porcentagem dos defeitos e de tortuosidade dos frutos, para a condução da rebrota.

Lâmina (mm)	Defeito		Tortuosidade	
	Grave	Leve	Muito	Pouco
92,49	17,07	18,91	15,89	35,47
184,98	17,78	21,48	19,26	35,64
278,52	15,31	21,04	15,29	34,88
371	18,77	23,20	18,06	35,52

**Tabela 14.** Porcentagem de defeitos e de tortuosidade dos frutos para o cultivo de inverno.

Lâmina (mm)	Defeito		Tortuosidade	
	Grave	Leve	Muito	Pouco
112,77	4,93	5,10	9,87	20,62
225,55	6,06	4,49	10,97	20,72
339,60	5,04	4,65	10,09	18,99
452,38	4,64	5,22	10,47	20,84

A análise conjunta da ocorrência desses defeitos nos frutos, a partir da realização da classificação comercial feita de acordo com o CEAGESP (2003) resulta em maior ou menor valor econômico atribuído a produção, por meio do seu enquadramento em categorias de qualidade. A produtividade total, expressa em número de caixas (15 kg) por hectare, das categorias Extra, I, II e III, para os três cultivos e quatro vazões aplicadas é apresentada na Tabela 15.

**Tabela 15.** Número de caixas de 15 kg nas categorias Extra, I, II e III (em 1 ha) para os três cultivos e 4 vazões aplicadas.

Vazão (L.h <sup>-1</sup> )	Verão					Rebrota					Inverno				
	Extra	I	II	III	Total	Extra	I	II	III	Total	Extra	I	II	III	Total
2,0	806	173	264	6	1249	67	49	124	42	282	294	107	263	53	717
4,0	788	211	313	8	1320	53	46	115	51	265	284	119	285	59	747
6,0	792	187	265	2	1246	48	32	81	29	190	285	125	279	57	746
8,0	823	189	299	3	1314	39	38	111	40	228	251	114	328	60	753
%	62,56	14,81	22,24	0,3	100	21,45	17,09	44,66	16,78	100	37,60	15,69	38,99	7,73	100

Não houve diferença significativa entre as vazões aplicadas, para o número de caixas dentro de cada categoria e época de cultivo, de acordo com a análise de variância. A categoria de qualidade Extra, que possui maior valor econômico dentro do mercado convencional, apresentou maior valor proporcional quanto ao número de caixas somente no cultivo de verão, devido a menor ocorrência de danos graves nos frutos, em relação aos outros defeitos. No cultivo da rebrota e no inverno, a categoria II foi a que apresentou maior proporção de caixas, devido a maior ocorrência de frutos com defeitos leves e pouco tortos, de acordo com a faixa aceita nessa categoria no mercado convencional. A categoria I apresentou proporção semelhante nos três cultivos, e a categoria III, de mais baixo valor econômico, obteve maior proporção de caixas no cultivo da rebrota, devido a maior ocorrência de todos os defeitos neste cultivo, fazendo com que sua produção seja a de mais baixo valor econômico no mercado atacadista convencional, de acordo com a classificação comercial.

A separação dos frutos por classes de comprimento é apresentada nas Tabelas 16, 17 e 18, para os três ciclos de cultivo. Não houve diferença significativa entre o comprimento dos frutos, para as lâminas testadas, nos três cultivos, de acordo com a análise de variância, diferente do encontrado por Costa (2014), cultivando quiabo no período do inverno, que verificou com a aplicação de lâminas superiores a máxima determinada de 95,9% da ECA, um decréscimo no comprimento médio dos frutos. De acordo com Bazán (2006), os frutos do quiabeiro devem ser consumidos novos e tenros, obtendo-se a máxima qualidade nesse ponto de desenvolvimento, pois na medida em que os frutos crescem e se desenvolvem, aumenta o teor de fibra dos mesmos, o que os torna menos adequados para o consumo “in natura”. A preferência do consumidor, portanto, se dá geralmente pelos frutos enquadrados nas classes 6, 9 e 12, sendo usada essa classificação, pelo mercado atacadista convencional do CEAGESP, apenas para a cotação de preços dentro da categoria Extra, atribuindo maiores valores para os frutos pertencentes à classe 6, 9 e 12, respectivamente. A classe 5 foi atingida devido a colheita prematura de frutos com defeitos graves e muito tortos (não comerciais), que eram colhidos visando a retirada dos drenos improdutivos, e a classe “Sem Classe” foi designada pelo autor para classificar os frutos colhidos com tamanho acima do limite máximo permitido para a classe 12, não existindo esta classe na classificação comercial utilizada pelos mercados atacadistas.

No cultivo de verão foi verificada a maior porcentagem de frutos na classe 12, devido as maiores temperaturas que irão acelerar o crescimento do fruto nessa época do ano. Por conta disso, a colheita nessa época foi realizada três vezes na semana, alcançando ainda assim, altos percentuais dentro das classes de maiores tamanhos (12 e Sem classe). No cultivo



de inverno e rebrota, a colheita foi realizada duas vezes na semana, e os maiores percentuais de frutos incidiram na classe 9. Portanto, caso o produtor priorize atingir o maior valor de mercado da sua produção, as colheitas devem ser realizadas diariamente no verão, e com intervalos de um dia no inverno, para que se alcance um maior percentual de frutos na classe 6, visando o maior valor pago, que pode assim compensar a maior mão-de-obra gasta com o aumento das colheitas.

**Tabela 16.** Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo de verão, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense.

Lâmina (mm)	Classe				
	5	6	9	12	Sem classe
142,82	0,44	5,7	27,96	40,1	25,8
285,64	0,35	5,47	27,54	38,3	28,34
430,09	0,57	5,78	28,86	40,43	24,36
572,91	0,41	5,25	27,85	40,01	26,48

**Tabela 17.** Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo da rebrota, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense.

Lâmina (mm)	Classe				
	5	6	9	12	Sem classe
92,49	1,52	17,14	47,95	27,42	5,95
184,98	2,15	14,04	46,7	30,21	7,2
278,52	2,75	21,87	48,11	23,34	3,91
371	1,63	14,34	44,95	31,48	7,56

**Tabela 18.** Proporção dos frutos distribuídos em classes, de acordo com o comprimento (cm), no cultivo de inverno, submetido ao manejo orgânico nas condições da baixada fluminense.

Lâmina (mm)	Classe				
	5	6	9	12	Sem classe
112,77	0,22	7,27	40,68	36,67	15,14
225,55	0,21	7,25	39,89	36,11	16,52
339,6	0,15	7,07	40,71	37,06	14,99
452,38	0,14	7,78	38,46	36,42	17,18

#### 4.8. Eficiência do uso da água da irrigação

O aumento da lâmina de irrigação provocou redução da eficiência do uso da água nos cultivos avaliados (Tabela 19).

**Tabela 19.** Eficiência do uso da água de irrigação ( $\text{kg.m}^{-3}.\text{ha}^{-1}$ ) para os diferentes períodos de cultivo em função das lâminas crescentes empregadas.

Cultivo	Vazão do gotejador ( $\text{L.h}^{-1}$ )			
	2,0	4,0	6,0	8,0
Verão	131,30	69,42	43,51	34,48
Rebrota	46,07	21,77	10,36	9,37
Inverno	86,23	45,69	30,63	22,89

A vazão de  $2 \text{ L.h}^{-1}$ , que obteve maior eficiência do uso da água em todos os cultivos, correspondeu a 29,94 e 47,17 % da demanda hídrica estipulada por Penman Monteith, respectivamente, para o cultivo de verão e inverno.

A maior eficiência no uso da água obtida por Costa (2014) correspondeu à lâmina estimada de 72,75% da demanda hídrica estipulada através do Tanque Classe A, confirmando que a aplicação de lâminas de irrigação superiores à exigida pela cultura do quiabeiro podem se refletir no decréscimo da EUA. Em estudo relativo ao manejo da irrigação através do balanço de água no solo, na cultura da beterraba associada a coberturas mortas, Carvalho et al. (2011) também verificaram maior EUA na reposição de 70% da necessidade hídrica da cultura.

É importante considerar que para a escolha da lâmina que irá trazer maior ganho econômico para o agricultor, não se deve somente levar em conta a maior EUA ou maior produtividade de frutos, tornando-se importante a análise de outros fatores, como a disponibilidade energética, hídrica, área disponível. Dessa forma, a eficiência do uso da água deve estar associada a uma análise econômica de todo o sistema de produção (CARVALHO et al., 2016).

#### **4.9. Análise dos custos monetários do sistema de produção nos distintos períodos de cultivo e no manejo do quiabeiro.**

Os custos operacionais totais (COT) englobaram os custos de produção somados aos custos de mercado. Nos custos de mercado, o total gasto para a realização da Feira Orgânica da Glória foi de R\$ 21.966,00 no cultivo de verão, R\$ 12.552,00 no cultivo da rebrota e R\$ 16.736,00 no cultivo de inverno, sendo feito, respectivamente, 42, 24 e 32 feiras no cultivo de verão, rebrota e inverno. Para a comercialização no mercado atacadista do CEASA – RJ foi levantado um custo de mercado de R\$ 19.469,50 no cultivo de verão, R\$ 8.751,00 no cultivo da rebrota e R\$ 13.543,50 no cultivo de inverno.

A análise dos custos monetários do quiabeiro considerando um cenário de venda para o mercado atacadista (sistema convencional), incluindo os custos com irrigação nos três períodos de cultivo é apresentada nas Tabelas 20, 21 e 22. O tratamento com vazão de gotejador de  $2,0 \text{ L.h}^{-1}$  proporcionou o maior índice de lucratividade nos três cultivos, porém todos os tratamentos apresentaram prejuízo, exceto no tratamento  $2,0 \text{ L.h}^{-1}$  do cultivo de inverno (índice de lucratividade de 0,84%).

Os custos monetários no cenário de venda para o mercado varejista orgânico, assim como os custos com irrigação em cada tratamento, nos três períodos de cultivos, estão

representados na Tabela 23. Todos os tratamentos testados apresentaram lucro, com o tratamento de 2,0 L.h<sup>-1</sup> apresentando os maiores índices de lucratividade. Portanto, esse levantamento dos custos monetários de produção em cada tratamento pode ratificar economicamente os resultados encontrados pela análise estatística, em função dos maiores valores de índice de lucratividade encontrados, recomenda-se o uso das menores lâminas testadas para a irrigação do quiabeiro, nos cultivos de verão e inverno, o que implica em menores custos de produção e maior rentabilidade nos respectivos períodos de cultivo.

De acordo com os resultados encontrados, para todos os tratamentos, épocas de cultivo e cenários de comercialização, o cultivo de inverno mostrou-se mais lucrativo do que o cultivo da rebrota, motivo pelo qual foram analisados separadamente os cultivos de verão e de inverno, bem como o ano agrícola, correspondente do somatório destes dois períodos (verão + inverno).

Os custos monetários dos períodos de cultivo, bem como do ano agrícola (verão + inverno), nos dois cenários de comercialização, considerando a vazão de gotejador de 2,0 L.h<sup>-1</sup> com suas respectivas produtividades e os custos referentes à irrigação incluídos apenas no cultivo de verão, são apresentados na Tabela 24.

**Tabela 20.** Custos monetários do cultivo de verão, considerando os preços praticados no mercado atacadista.

Parâmetros econômicos	Classes															
	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III				
		2,0 L.h <sup>-1</sup>				4,0 L.h <sup>-1</sup>				6,0 L.h <sup>-1</sup>				8,0 L.h <sup>-1</sup>		
Custo Operacional Total (R\$)		44.363,38				49.305,31				50.679,78				51.102,15		
Produtividade (Cx.ha <sup>-1</sup> )	806	173	264	6	789	211	314	8	793	187	265	2	824	190	300	4
Preço (Cx.R\$ <sup>-1</sup> )	35,06	25,00	22,83	18,67	35,06	25,00	22,83	18,67	35,06	25,00	22,83	18,67	35,06	25,00	22,83	18,67
Receita Bruta (R\$)		38.745,78				40.250,43				38.569,03				40.539,35		
Receita Líquida (R\$)		-5.617,90				-9.054,88				-12.110,75				-10.562,80		
Taxa de retorno (%)		-12,66				-18,36				-23,90				-20,67		
Índice de Lucratividade (%)		-14,50				-22,50				-31,40				-26,06		

**Tabela 21.** Custos monetários do cultivo de rebrota, considerando os preços praticados no mercado atacadista.

Parâmetros econômicos	Classes															
	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III				
		2,0 L.h <sup>-1</sup>				4,0 L.h <sup>-1</sup>				6,0 L.h <sup>-1</sup>				8,0 L.h <sup>-1</sup>		
Custo Operacional Total (R\$)		15.217,69				20.088,56				21.406,25				21.772,23		
Produtividade (Cx.ha <sup>-1</sup> )	67	50	125	42	54	46	115	51	49	32	82	29	40	39	111	41
Preço (Cx.R\$ <sup>-1</sup> )	48,21	35,54	29,64	25,89	48,21	35,54	29,64	25,89	48,21	35,54	29,64	25,89	48,21	35,54	29,64	25,89
Receita Bruta (R\$)		9.808,82				9.004,08				6.678,88				7.655,94		
Receita Líquida (R\$)		-5.408,87				-11.084,48				-14.727,37				-14.116,28		
Taxa de retorno (%)		-35,54				-55,18				-68,80				-64,84		
Índice de Lucratividade (%)		-55,14				-123,11				-220,51				-184,38		

**Tabela 22.** Custos monetários do cultivo de inverno, considerando os preços praticados no mercado atacadista.

Parâmetros econômicos	Classes															
	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III	EXTRA	I	II	III				
	2,0 L.h <sup>-1</sup>				4,0 L.h <sup>-1</sup>				6,0 L.h <sup>-1</sup>				8,0 L.h <sup>-1</sup>			
Custo Operacional Total (R\$)	27.309,30				32.198,26				33.531,46				33.912,80			
Produtividade (Cx.ha <sup>-1</sup> )	295	107	264	53	285	120	286	59	285	126	280	57	252	114	328	61
Preço (Cx.R\$ <sup>-1</sup> )	49,58	34,80	29,66	25,69	49,58	34,80	29,66	25,69	49,58	34,80	29,66	25,69	49,58	34,80	29,66	25,69
Receita Bruta (R\$)	27.539,31				28.279,00				28.281,75				27.768,30			
Receita Líquida (R\$)	230,01				-3.919,25				-5.249,71				-6.144,51			
Taxa de retorno (%)	0,84				-12,17				-15,66				-18,12			
Índice de lucratividade (%)	0,84				-13,86				-18,56				-22,13			

**Tabela 23.** Custos monetários do cultivo de verão, rebrota e inverno, considerando a venda no mercado varejista orgânico

Cultivo	Tratamento	Custo Operacional Total (R\$)	Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Preço (Kg.R\$ <sup>-1</sup> )	Receita Bruta (R\$)	Receita Líquida (R\$)	Taxa de retorno (%)	Índice de lucratividade (%)
Verão	2,0 L.h <sup>-1</sup>	46.860,18	17,82	8,00	142.546,88	95.686,70	204,20	67,13
	4,0 L.h <sup>-1</sup>	51.801,81	18,63	8,00	149.032,27	97.230,45	187,70	65,24
	6,0 L.h <sup>-1</sup>	53.176,28	17,78	8,00	142.213,39	89.037,10	167,44	62,61
	8,0 L.h <sup>-1</sup>	53.598,65	18,83	8,00	150.680,55	97.081,90	181,13	64,43
Rebrota	2,0 L.h <sup>-1</sup>	19.018,69	3,53	10,00	35.291,24	16.272,55	85,56	46,11
	4,0 L.h <sup>-1</sup>	23.889,56	3,32	10,00	33.202,04	9.312,48	38,98	28,05
	6,0 L.h <sup>-1</sup>	25.207,25	2,39	10,00	23.924,76	-1.282,49	-5,09	-5,36
	8,0 L.h <sup>-1</sup>	25.573,23	2,78	10,00	27.806,64	-2.233,42	8,73	8,03
Inverno	2,0 L.h <sup>-1</sup>	30.501,80	9,74	10,00	97.376,62	66.874,82	219,25	68,68
	4,0 L.h <sup>-1</sup>	35.390,76	10,31	10,00	103.077,96	67.687,20	191,26	65,67
	6,0 L.h <sup>-1</sup>	36.723,96	10,41	10,00	104.114,27	67.390,31	183,51	64,73
	8,0 L.h <sup>-1</sup>	37.105,30	10,36	10,00	103.568,16	66.462,85	179,12	64,17

**Tabela 24.** Custos monetários para os três cultivos e para o ano de produção, considerando a venda para os mercados atacadista e varejista orgânico, e os custos referentes ao tratamento de 2,0 L.h<sup>-1</sup>.

Parâmetros econômicos	Atacadista				Varejista Orgânico			
	Verão	Rebrota	Inverno	Verão e inverno	Verão	Rebrota	Inverno	Verão e inverno
Custo Operacional Total (R\$)	44.363,68	15.217,69	27.309,30	71.672,98	46.860,18	19.018,69	30.501,80	77.361,98
Receita Bruta (R\$)	38.745,78	9.808,82	27.539,31	66.285,09	142.546,88	35.291,24	97.376,62	239.923,50
Receita Líquida (R\$)	-5.617,90	-5.408,87	230,01	-5.387,89	95.686,70	16.272,55	66.874,82	162.561,52
Taxa de retorno (%)	-12,66	-35,54	0,84	-7,52	204,20	85,56	219,25	210,13
Índice de Lucratividade (%)	-14,50	-55,14	0,84	-8,13	67,13	46,11	68,68	67,76

Devido aos altos preços praticados pelo mercado no período de inverno, o cultivo do quiabeiro nesse período proporciona alta rentabilidade, mesmo apresentando menores produtividades quando comparado ao cultivo de verão. Dessa forma, o cultivo do quiabeiro no período de inverno notadamente no sistema orgânico mostra-se uma boa opção, pois permite que se abasteça o mercado consumidor no período de baixa oferta de produto, e em consequência, maior preço de venda pode ser alcançado.

Deve-se destacar que para a menor lâmina no cultivo de inverno, houve uma lucratividade de R\$ 230,01, considerando a venda do quiabo produzido em sistema orgânico, nos preços praticados pelo mercado atacadista convencional. Porém, considerando o ano agrícola, houve um prejuízo de R\$ 5.387,89. Portanto o agricultor que tenha interesse em converter a produção para o sistema orgânico, tendo de atender o período regulamentado para transição e o tempo para aquisição do selo de certificação, não conseguiria pagar os seus custos operacionais totais, comercializando o seu produto orgânico no mercado atacadista convencional.

#### **4.9.1. Análise comparativa do custo monetário do quiabeiro entre diferentes fontes de energia**

No sistema fotovoltaico foi encontrada uma potência total gerada, durante o ano de estudo (cultivo de verão e de inverno) de 204,58 kWh, considerando os valores mensais de irradiância ocorridos no local e a potência real instalada (1 placa = 140 W = 0,14 kWp). A carga mensal a ser consumida pela bomba foi de 5,5 kWh.mês<sup>-1</sup>, de acordo com o tempo diário de funcionamento e potência da mesma, totalizando uma carga anual de 66,2 kWh. Portanto, foi obtido um excedente de energia de 138,38 kWh, que abatido da tarifa de energia paga pelo agricultor, considerando o mesmo preço que é cobrado pela concessionária (0,54 R\$. kWh<sup>-1</sup>), proporcionaria uma economia anual de R\$74,70, com um tempo de amortização de 39 anos. Sabe-se, no entanto, que para sistemas fotovoltaicos ligados à rede elétrica, o critério de dimensionamento deve ser a maximização da energia produzida (FREITAS, 2008), o que irá reduzir o tempo de amortização, sendo importante ressaltar que o sistema fotovoltaico utilizado neste trabalho foi dimensionado apenas para suprir a demanda energética de uma bomba de 1,5 CV, não seguindo, portanto, o critério de maximização da energia produzida. Caso não seja possível a ligação do seu sistema a rede elétrica, o produtor pode apenas aproveitar a energia excedente para alimentar outros equipamentos dentro da unidade de produção agrícola. A partir dessas constatações, percebe-se a necessidade da geração de estudos mais detalhados sobre a viabilidade econômica da energia fotovoltaica nesses dois cenários de utilização, considerando os seus diferentes dimensionamentos.

Pode-se observar a partir da análise apresentada na tabela 25, que mesmo com a inclusão do sistema fotovoltaico nos custos totais do sistema produtivo, o ano agrícola foi rentável apenas para a venda no mercado orgânico. Nesse mercado, a energia hidroelétrica proporcionou taxa de retorno e índice de lucratividade, respectivamente, 8 e 2,6 % maiores quando comparada à energia solar.

**Tabela 25.** Custo monetário anual para a venda de quiabo nos mercados atacadista e varejista orgânico, com uso de energia solar ou elétrica no sistema de irrigação.

Parâmetros econômicos	Energia Solar		Energia Convencional	
	Atacadista	Orgânico	Atacadista	Orgânico
Custo Operacional Total (R\$)	71.672,98	77.361,98	67.370,98	73.059,98
Receita Bruta (R\$)	66.285,09	239.923,50	66.285,09	239.923,50
Receita Líquida (R\$)	-5.387,89	162.561,52	-1.085,89	166.863,52
Taxa de retorno (%)	-7,52	210,13	-1,61	228,39
Índice de Lucratividade (%)	-8,13	67,76	-1,64	69,55

As maiores lucratividades obtidas com o uso da energia elétrica já eram esperadas, tendo em vista que o custo de geração médio da energia solar é cerca de duas vezes maior que o valor pago por um consumidor residencial brasileiro por kWh de energia convencional (BENEDITO, 2009). Porém, a produção de eletricidade dos sistemas fotovoltaicos deverá ser mais competitiva dentro de alguns anos, especialmente nas localidades onde a tarifa convencional é mais alta e o recurso solar está presente com maior intensidade. De acordo com a ABINEE (2012), o acesso ao sistema de compensação de energia, no qual o excedente de produção se transforma em créditos (kWh) a serem aproveitados pelo consumidor, juntamente com a simplificação do processo de conexão da instalação fotovoltaica com a rede, também irão contribuir no processo de crescimento do setor fotovoltaico no Brasil e o seu uso no bombeamento de água para a irrigação.

Os custos operacionais totais do sistema de produção do quiabeiro orgânico irrigado utilizando bombeamento solar fotovoltaico, para os três períodos de cultivos, considerando o tratamento com vazão de gotejador de 2,0 L.h<sup>-1</sup> encontram-se apresentados na Tabela 26



**Tabela 26.** Custos de produção em 1 ha, para o cultivo de verão, rebrota e de inverno do quiabeiro, em sistema orgânico e irrigado com bombeamento solar fotovoltaico, na cidade de Seropédica – RJ, para a lâmina composta pela vazão de 2 L.h<sup>-1</sup>.

Despesas	Verão		Rebrota		Inverno		Verão e Inverno	
	Valor (R\$)	%	Valor (R\$)	%	Valor (R\$)	%	Valor (R\$)	%
Preparo de mudas	1.111,94	4,47	-	-	1.111,94	8,08	2.223,88	5,75
Irrigação	5.981,07	24,02	-	-	-	-	5.981,07	15,47
Consumo de energia	50,22	0,20	17,82	0,27	21,39	0,15	71,61	0,18
Consumo de água	98,70	0,40	63,92	0,99	77,88	0,56	176,58	0,46
Sistema fotovoltaico	4.302,00	17,28	-	-	-	-	4.302,00	11,13
Adubação	5.811,00	23,34	2.804,00	43,36	5.811,00	42,21	11.622,00	30,06
Caldas e produtos biológicos	1.009,25	4,05	730,95	11,30	1.143,59	8,31	2.152,84	5,57
Serviços mecânicos	800,00	3,21	-	-	800,00	5,81	1.600,00	4,14
Mão de Obra (D/H)	5.730,00	23,02	2.850,00	44,07	4.800,00	34,87	10.530,00	27,24
<b>Total</b>	<b>24.894,18</b>	<b>100</b>	<b>6.466,69</b>	<b>100</b>	<b>13.765,80</b>	<b>100</b>	<b>38.659,98</b>	<b>100</b>

Considerando o ano agrícola, a adubação foi o item de dispêndio mais representativo dentro dos custos totais, devido ao elevado custo da torta de mamona, representando 29 % do total. A adubação das hortaliças pode representar de 20 a 30% dos custos totais de produção (TRANI & RAIJ, 1996). A mão de obra foi a segunda maior despesa, seguida pelos gastos com a irrigação e com o sistema fotovoltaico. Dessa forma, torna-se importante encontrar fontes de nitrogênio com preços mais acessíveis dentro do sistema orgânico de produção e que tragam uma eficiente disponibilização de nutrientes para a planta, diminuindo os custos de produção para maximizar o lucro.

De acordo com Silva (2013), o custo total de produção em sistema orgânico para o quiabeiro em cultivo de sequeiro na cidade de Domingos Martins – ES fica em torno de R\$20.000,00 para o cultivo de verão, sendo maiores do que os encontrados neste trabalho, se não são considerados os custos com a irrigação. O mesmo autor encontrou um custo de produção total de R\$18.000,00 para o cultivo em sistema convencional, porém, de acordo com a produtividade e preço de venda, os dois sistemas apresentaram um saldo final negativo, sendo mais negativo no sistema convencional, devido aos menores preços de venda. Este resultado vai de encontro às altas rentabilidades encontradas no presente trabalho, por conta das menores produtividades, preços de venda e maiores custos totais de produção encontrados pelo autor quando comparados a este trabalho.

As produtividades mínimas a serem alcançadas estão apresentadas na Tabela 27, tendo como variáveis a venda no mercado varejista orgânico e convencional, a alimentação do sistema por fonte fotovoltaica e hidroelétrica, e os cultivos de verão, inverno e o ano de produção.

**Tabela 27.** Produtividade mínima necessária, em  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , para que não ocorra prejuízo no empreendimento agrícola, considerando a venda no mercado varejista orgânico e os custos do sistema de produção alimentados por energia elétrica ou solar.

	Verão	Inverno $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	Verão + Inverno
Energia solar	5,86	3,05	8,91
Energia hidroelétrica	5,32	3,05	8,37

A produtividade mínima a ser obtida para a remuneração de todo o sistema de produção com energia solar, dentro de um ano agrícola, seria de apenas  $8,91 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Para o sistema de produção com energia hidroelétrica, as produtividades mínimas a serem alcançadas são 6 % menores quando comparadas ao sistema de produção com energia solar.

A produção orgânica do quiabeiro irrigado é uma atividade agrícola rentável, com pequeno risco econômico, principalmente se o produto for comercializado com os preços praticados no mercado de orgânico. O uso da energia elétrica fotovoltaica para a irrigação do quiabeiro, apesar de ser menos rentável quando comparado à energia elétrica convencional, apresenta baixo risco econômico, nas condições demonstradas pelo trabalho, além de não causar impacto ambiental, ao contrário da maioria das fontes produtoras de energia.

## 5 CONCLUSÕES

As diferentes lâminas aplicadas pelo acionador, em cada período de cultivo, não proporcionaram diferenças significativas nos índices de produção, desenvolvimento e qualidade avaliados.

A produtividade comercial obtida no cultivo de verão foi superior à média nacional, considerando o sistema convencional de produção, demonstrando assim a possibilidade de obtenção de altas produtividades no sistema orgânico.

Maiores índices de lucratividade e eficiência do uso da água foram obtidos para a menor lâmina aplicada, em todas as épocas de cultivo.

O cultivo da rebrota apresentou menor produtividade e lucratividade quando comparado ao cultivo de inverno, sendo mais vantajoso economicamente optar por um novo plantio, ao invés de conduzir a rebrota do cultivo de verão.

Apesar de o cultivo de verão proporcionar maior produtividade, o cultivo de inverno apresenta maior lucratividade, em função dos preços mais elevados praticados pelo mercado no seu período de produção.

A energia elétrica fotovoltaica se apresenta como alternativa para uso na irrigação do quiabeiro, apesar de ainda proporcionar menor rentabilidade ao agricultor, quando comparado ao uso da energia elétrica convencional, sendo de extrema importância o seu correto dimensionamento, visando alcançar maior eficiência econômica.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** [S.l.]: Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos, jun. 2012.

ABD EL-KADER, A. A.; SHAABAN, S. M.; ABD EL-FATTAH, M. S. Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, p.225-231, 2010.

ABU S, EDOGA RN (2008). Effect of temperature changes on evapotranspiration in Minna, Niger State. **J. Eng. Appl. Sci.**, 3: 482- 486.

ADEKIYA, A. O.; AGBEDE, T. M.; ABOYEJI, C. M.; DUNSIN, O.; UGBE, J. O. Green manures and NPK fertilizer effects on soil properties, growth, yield, mineral and vitamin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.)). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, in press, 2017. doi: 10.1016/j.jssas.2017.05.005

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Agricultura irrigada: **Estudo técnico preliminar.** Brasília, DF, 2004, 107p.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2012. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil:** informe 2012. Edição especial. Brasília: ANA, 215 p

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília, 2013.

AGUIAR, F. M. **Resistência de acessos de quiabeiro à murcha-de-fusário.** 2011. 53f. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco 2011.

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro et al. Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. **Engenharia na Agricultura**, p. 109-118, 2007.

ALMEIDA, DL; RIBEIRO, RLD; GUERRA, JGM. **Sistema Integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003, 37p. (Embrapa - CNPAB. Documentos, 169).

AMJAD, M.; SULTAN, M.; ANJUM, M. A.; AYYUB, C. M.; MUSHTAQ, M. Comparative study on the performance of some exotic okra cultivars. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.3, n.4, p.423-425, 2001.

ANDRADE, Marcelo Barbosa et al. Effect of organic matter, irrigation and soil mulching on the nutritional status and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in the semiarid region of Brazil. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 48, p. 2720-2728, 2016.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, Brasília, Brasil. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf), 2002.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482**, 2012, Brasília, Brasil. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >. Acesso em 27 jan. 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Capacidade de geração do Brasil**, 2016 Brasília, Brasil. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> Acesso em 27 jan.2017

ARAGÃO, V. F. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na fase vegetativa do pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 4, p. 361-375, 2011.

BANGE, M. P.; MILROY, S. P. Growth and dry matter partitioning of diverse cotton genotypes. **Field Crops Research**, v. 87, n. 1, p. 73-87, 2004.

BAZÁN, Arias; RAMÓN, Ulise. **Avaliação de germoplasma de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) quanto à resistência ao oídio (*Erysiph ecichoracearum*)**. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, São Paulo. 2006

BELTRÃO, NE de M. et al. **Comparação entre indicadores agroecômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão upland e feijão caupi**. EMBRAPA. CNPA. Boletim de Pesquisa, 1984.

BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de mamona (*Ricinus Communis L.*): fertilizante e alimento**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 6 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 171).

BORGES,C.G.R.; SERA,A.S. Dimensionado mediante simulacion de sistemas de energia solar fotovoltaica aplicados a la electrificacion rural. **Ingenieria Mecanica**. v.14,no 1, 2011, p.13-21.

BOUTRAA, Tahar et al. Evaluation of the effectiveness of an automated irrigation system using wheat crops. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 2, n. 1, p. 80-88, 2011.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Semana dos alimentos orgânicos acontece em todo país**. Brasília, 26 de maio de 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/05/semana-dos-alimentos-organicos-acontece-em-todo-pais>>. Acesso em: 18 julho. 2016.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. **Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Brasília: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2001. p. 177-182.

CAMARGO, L.S. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas, Fundação Cargill, p.321, 1981.

CAMCIUC, M; DEPLAGNE, M.; VILAREM, G; GASET, A. Okra – *Abelmoschus esculentus*L. (Moench.) a crop with economic potential for set as idea creage in France. **Industrial Cropsand Products**, Oxford, v.7, p.257-264, 1998.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno produtor. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 69-101, 2001.

CARDENAS-LAILHACAR, B.; DUKES, M.D.; MILLER, G.L. Sensor-based automation of irrigation on bermudagrass, during wet weather conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.134, n.3, p.120-128, 2008.

CARVALHO, D.F.; NETO, D.H.O.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J.G.M.; ROUWS, J.R.C. 2011. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p. 269-277.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.D.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. 2006. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, v.14, p.97-105.

CARVALHO, D.F.; PINTO, M.F.; MONTE, J.A.; MELLO, G.A.; SOUSA, C.P. Water use efficiency and economic return of fresh vegetable in organic cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.20, n.7, p.637-642, 2016

CEASA – **Cotação de preços para as categorias de qualidade do quiabo no ano de 2015/2016**. Disponível em: <http://www.ceasa.rj.gov.br/cotacao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2017.

CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes et al. Viabilidade produtiva e econômica do consórcio entre chicória e rúcula em função da época de plantio. **Horticultura Brasileira**, p. 316-320, 2008.

COELHO, R.G.; LEAL, N.R.; LIBERAL, M.T. Determinação do teor de fibra em quiabo (*Hibiscusesculentus* L.) em função da época de colheita e comprimento dos frutos. **Revista de olericultura**, Santa Maria, XXI: 15-16, 1974.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). **Centro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura: Normas de classificação de quiabo**. São Paulo, 2001. 2 p. (CQH Doc. 26)

COSTA, R. A. **Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação em tanque Classe A**. 2014. 53 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, São Paulo. 2014

DONADELLI, A.; KANO, C.; FERNANDES JUNIOR, F. Estudo de caso: Análise econômica entre o custo de produção de morango orgânico e convencional. **Pesquisa & Tecnologia**. São Paulo, v.9, n.2, Jul-Dez 2012.

DOORENBOS, J. e KASSAN, A. H. 1979. **Yield response to water**. Rome: FAO. 193p. (FAO.Irrigation and Drainage Paper, 33).

DUKES, Michael D. et al. **Effect of sensor-based high frequency irrigation on bell pepper yield and water use**. In: Proceedings of 2nd International Conference on Irrigation and Drainage, May. 2003. p. 12-15.

DUKES, M. D.; SCHOLBERG, J. M. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 21, n. 1, p. 89-101, 2005.

DULLEY, R. D. **As diversas faces da agricultura orgânica**. 2002. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br>. Acesso em: 08 nov. 2016

DURU JO (1984). **Blaney-Morin-Nigeria evapotranspiration model**. J. Hydrol. 70:71-83

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2006. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 312p.

ESCARABAJAL-HENAREJOS, D. et al. Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce. **Agricultural Water Management**, v. 151, p. 148-157, 2015.

FARIA, F.F.; OLIVEIRA, J.T.A. **Matriz de coeficientes técnicos da cultura do tomate de mesa: base para cálculo dos custos de produção e colheita**. Relatório Técnico. Campinas: Universidade Estadual de Campinas/FEA, 30 p., Julho, 2005.

FEDRIZZI, M. C. **Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário: lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão**. 2003. 174 f. Tese (Doutorado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia/Escola Politécnica/Instituto de Física/Faculdade de Economia e Administração), São Paulo, 2003.

FERREIRA DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Rev. Ciênc. Agrotecn.** 35:1039-1041.

FERREIRA, J.M. et al. Adubação orgânica e mineral em hortaliças no Norte Fluminense: cultura do quiabeiro, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, Suplemento, CDROM, julho 2001.

FILGUEIRA FAR. 2000. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 402p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FOLEGATTI, M. V. et al. **O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos**. A cobrança pelo uso da água na agricultura. Embu: IQUAL Editora, p. 213-219, 2004.

FONSECA, M. F. et al. **Circuito carioca de feiras orgânicas: a expansão da venda direta de alimentos orgânicos, o controle social, a regulamentação da agricultura orgânica e os princípios do comércio justo e solidário**. III Colóquio da agricultura familiar e desenvolvimento rural. Porto Alegre, 2011.

FORTUNA, G. C. **Manejo da água e nutrientes no cultivo do quiabeiro em sistema orgânico de produção**. 2016. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016

FRANCO, Elenilson Moreira. **Monitoramento da dinâmica da água e solutos em um perfil de solo, sob sistema de fertirrigação por gotejamento, utilizando sonda de capacitância e extratores de solução**. 2009. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão.

FREITAS, Cley AS et al. Growth of irrigated sunflower under different water sources and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1031-1039, 2012.

GALATI ,V.C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’**. 2010, 26p. Dissertação (mestrado) - Jaboticabal: UNESP. 2010.

GALDINO, Marco AE et al. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG–Diretoria de Engenharia Aeronáutica**, 2009.

GHANNAD M.; MADANI, H.; DARVISHI, H. H. Responses of okra crop to sowing time, irrigation interval and sowing methods in Shahrood region. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.7, p.676-682, 2014.

GONÇALVES, M.M.; MEDEIROS, C.A.B.; REICHERT, L.J. Comparação dos parâmetros técnicos e econômicos de sistemas orgânicos de produção de batata. Porto Alegre, **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1393-1396, 2007.

GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) tolerantes à seca**. 2013. 82f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CRESESB/CEPEL. 1995.

Hegedus, Steven et Nozumi Okubo. **"Real BOS and system costs of off-grid PV installations in the US: 1987-2004"** in Photovoltaic Specialists Conference, 2005. Conference Record of the Thirty-first IEEE , vol., no.pp. 1651- 1654, 3-7 Jan. 2005

IEA. Banco de dados. São Paulo: **Instituto de Economia Agrícola do estado de São Paulo**, 2015 .

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Monitoramento das Estações Automáticas**. Disponível em < [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)> . Acesso em 15 de janeiro de 2017.

JONES, H.G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n.407, p. 2427–2436, 2004.



LIMA, Elvis M. de C. et al. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1181-1187, 2013.

LIMA JÚNIOR, J.A. et al. **Produção da alface americana sob diferentes lâminas e tensões de água no solo**. In: XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 2010, Lavras. Anais.Lavras, UFLA, 5p.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; FERRARA, A.; TOMMASO, T.D. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.92, n.1-2, p.73-80, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.005>

MATA, MARIA GABRIELA FERREIRA. **Um Modelo Experimental para Avaliar a Qualidade do Solo e a Viabilidade Técnica e Econômica de um Sistema de Produção Orgânica Intensiva de Hortaliças**. 83 f. Dissertação (mestrado em Fitotecnia). PPGF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com Sistema Irrigas**. Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 2009.

MARTINS, Vagner A.; CAMARGO FILHO, Waldemar P.; BUENO, Carlos Roberto Ferreira. Preços de frutas e hortaliças da agricultura orgânica no mercado varejista da cidade de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 9, p. 42-52, 2006.

MASSOLA, N.S. Jr. & BEDENDO, I.P. **Doenças do quiabeiro**. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E. A (Eds.). Manual de fitopatologia, Volume 2: Doenças das plantas cultivadas. 4ta. ed. São Paulo: CERES, 2005. p.541-543.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R.A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MELO, P.C.T.; TAMISO, L.G.; AMBROSANO, E.J.; SCHAMMASS, E.; INOMOTO, M.M.; SASAKI, M.E.M.; ROSSI, F. Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p.553-559, 2009.

MOLDEN, D., OWEIS, T., STEDUTO, P., KIJNE, J.W., HANJRA, M.A., BINDRABAN, P.S., 2007. **Path ways for increasing agricultural water productivity**. In: Chapter 7 in Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, International Water Management Institute, London, Earthscan, Colombo.

MORALES, Luis Roberto Valer. **A utilização de sistemas fotovoltaicos de bombeamento para irrigação em pequenas propriedades rurais**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOURA, A.P.; GUIMARÃES, J.A. **Manejo de pragas na cultura do quiabeiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 9 p. ( Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 138).

MUNIZ, R. N. **Gaseificação de Biomassa Residuária em Comunidades Isoladas na Amazônia: Estudo de Caso na Comunidade Quilombola de Jenipaúba no Estado do Pará.** Universidade Federal do Pará. Belém. 2013.

MUÑOZ-CARPENA, Rafael et al. Field comparison of tensiometer and granular matrix sensor automatic drip irrigation on tomato. **HortTechnology**, v. 15, n. 3, p. 584-590, 2005.

MUÑOZ-CARPENA, Rafael; DUKES, Michael D. Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops. **FactSheet ABE**, v. 356, 2005.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas à déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, p.75-87, 2001.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

ODOFIN, A. J. et al. Determination of evapotranspiration and crop coefficients for bush okra (*Corchorusolitorius*) in a sub-humid area of Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 17, p. 3949-3953, 2011.

OLIVEIRA, Terezinha Bezerra Albino et al. **Índices técnicos e rentabilidade da pecuária leiteira.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 687-692, 2001.

OLIVEIRA, Eva Adriana Gonçalves. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido.** 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PAES, H. M. F.; ESTEVES, B. dos S.; SOUSA, E. F, de. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 256-261, 2012.

PAIVA, A.S.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; TURCO, J.E.P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.161-169, 2005.

PANIGRAHI, P.; SAHU, N. N. Evapotranspiration and yield of okra as affected by partial root-zone furrow irrigation. **International Journal of Plant Production**, v. 7, n. 1, 2013.

PARIZI, A. R. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão *phaseolus vulgaris* l.) e milho (*zea mays* l.) na região de Santiago, RS.** 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. 2007.

PASSOS, F. A.; MELO, A. M. T.; AZEVEDO FILHO, J. A. **Comportamento de seleções IAC e de cultivares comerciais de quiabo no sistema orgânico de produção.** Disponível em:<[www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_549.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_549.pdf)> Acesso em 10 dez. 2016.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PELINSKI, A.; GUERREIRO, E. **Os benefícios da agricultura orgânica em relação à convencional: ênfase em produtos selecionados**. Publicação UEPG Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, Linguas, Letras e Artes, Ponta Grossa, v.12, n.2, p.49-72, 2004.

PREMSEKHAR, M.; RAJASHREE, V. Influence of organic manures on growth, yield and quality of okra. **American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, Ma'an, v.3, n.1, p.6-8, 2009.

SANTOS, Sandra Maria Apolinariodos. **Geração de Eletricidade em Comunidades Isoladas na Região Amazônica com a Utilização de gaseificadores de Biomassa**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SEABRA, ROGÉRIO DOS SANTOS. **A modernização do sistema de comercialização agrícola no estado do rio de janeiro: uma abordagem espacial para a cadeia de suprimentos dos supermercados**. 110 f. Dissertação (mestrado em Geografia). IGEO – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2006

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature**, London, v. 485, n. 7397, p. 229-232, May 2012.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W. dos. **Fatores de conversão do peso de cachos e frutos para peso de sementes de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 15 p. (Boletim de Pesquisa, 56).

SILVA, J.A; SILVA, F.G; DUTRA, A .F; SILVA, J. M; MELO,A.S; **Produtividade e qualidade de fruto de tomateiro cultivado sob taxas de reposição hídrica**. In.:InovagriInternational Meeting & IV Winotec - Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortalaza.p.1-5. 2012.

SIYAL AA, MASHORI AS, BRISTOW KL, VAN GENUCHTEN MTH (2016). Alternate furrow irrigation can radically improve water productivity of okra. **Agricultural Water Manage**. 173:55-60.

SONNENBERG, P.E., SILVA, N.F. Desenvolvimento e produção do quiabeiro em função das datas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 32, n. 1, p. 33-37, março. 2002.

SOUZA, M.J.H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; MINUZZI, R.B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, v.30, p.399-410, 2006.

SOUSA, Paulo Sérgio et al. Efeito de lâminas de irrigação sobre o crescimento do algodoeiro herbáceo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 3, 2008.

SPAROVEK, Gerd et al. Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 17, p. 10285-10293, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Assimilação de Nutrientes**. Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.

TIWARI, K. N. et al. Response of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions. **Agricultural Water Management**, v. 38, n. 2, p. 91-102, 1998.

TRANI, P.E.; VAN RAIJ, B. Hortaliças. In: **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Fundação IAC. 1996. p.157-185.

TREVIZAN, L. & CHURATA-MASCA, M.G.C. **Estudos sobre o quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, C.V. 'Viçosa 1144'. I – Frutificação, II – Densidade de população**. *Poliagro, Bandeirantes*, v. 2, n 2, p. 55-97, 1980.

WENHAM, S. R. et al. **Applied Photovoltaics**. 2. Ed. Pag. 215-248. Earthscan, 2007. ISBN 1844074013