



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

CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA CULTURA DA ABOBRINHA**

FORTALEZA

2015

CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA CULTURA DA ABOBRINHA**

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

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- F3991 Fernandes, Carlos Newdmar Vieira.
 Lâminas de irrigação, doses e formas de aplicação de nitrogênio e de potássio na cultura da abobrinha / Carlos Newdmar Vieira Fernandes. – 2015.
 95 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.
 Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
 Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.
1. *Cucurbita pepo*. 2. Adubação. 3. Fertirrigação. I. Título.

CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA CULTURA DA ABOBRINHA**

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

Aprovada em: 31 / 03 / 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros Figueredo Júnior (Conselheiro)

Universidade Estadual do Piauí

Profa. Dra. Denise Vieira Vasconcelos (Conselheira)

Faculdade de Tecnologia do Nordeste

Eng. Agrônoma Dra. Débora Costa Camargo (Conselheira)

Instituto Inovagri

Profa. Dra. Kelly Nascimento Leite (Conselheira)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

A Deus.

Aos meus pais, Antonio Fernandes Lima Neto e Antonia Nilza Vieira Fernandes. Aos meus irmãos, José Normand Vieira Fernandes, Ana Nathália Vieira Fernandes e Maria Narcília Vieira Fernandes. À minha noiva, Chrislene Nojosa Dias.

DEDICO

AGRADECIMENTO

À Deus, pela presença constante em minha vida, sempre me protegendo, dando força, coragem, saúde, sabedoria e discernimento durante todos os momentos dessa caminhada.

Aos meus pais Neto e Nilza, pelo amor dedicado sempre e por toda a força para realização da minha caminhada acadêmica.

Ao meu irmão Normand e às minhas irmãs Nathália e Narcília, pela grande amizade e cumplicidade em todos os momentos vividos.

Aos meus avôs Artur (*In memoriam*), Narcisa (*In memoriam*), Jorge (*In memoriam*) e Ana, pela inestimável contribuição para a formação do meu caráter através dos seus ensinamentos.

À minha noiva Chrislene, pelo carinho, respeito, amizade, apoio e companheirismo, estando sempre presente em todos os momentos.

À minha família, incluindo tios, tias e primos que sempre me encorajaram na busca por mais essa conquista.

À Universidade Federal do Ceará, por proporcionar toda a minha formação desde a graduação, local onde pude adquirir toda minha bagagem de conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante todo o Curso de Doutorado.

Ao Professor Benito, orientador desde a graduação, pelos conhecimentos e dedicação na condução de sua orientação, compreensão e amizade, sempre presente e disposto a colaborar, tendo certamente contribuído para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Thales Vinícius de Araújo Viana, pela ajuda, sugestões e críticas realizadas durante o curso e pela amizade sempre descontraída.

Aos funcionários da Estação Meteorológica, pela colaboração e convivência harmoniosa ao longo desse período.

Aos colegas da pós-graduação, José Bruno Rego de Mesquita, Geocleber Gomes de Sousa, Guilherme Vieira do Bomfim, Mário de Oliveira Rebouças Neto, José Aglodualdo Holanda Cavalcante Júnior, Alexandre Reuber Almeida da Silva, André Rufino Campêlo, pelo incentivo e amizade em todos os momentos tonando mais fácil esta realização.

Aos amigos da graduação Camila Viana, Erlanyson Sampaio, Eudes Pinheiro, Ingrid Bernardo, José Aridiano, José Filho e a tantos outros pela amizade ainda cultivada.

Aos amigos da residência universitária, Agleilson, Anderson, Arlécio, Artur, Ivan, Januário, Jardelson, João Rodrigues, Joilson, Rafael, Sinval Júnior e vários outros que apesar de mais distantes ainda são fontes de amizade e encorajamento.

Aos amigos conterrâneos da cidade de Jucás, Ceará, que foram fonte de estímulos e descontração, sempre acreditando que seria possível essa realização.

A todos os demais que prestaram contribuições para o sucesso na conclusão desse curso.

RESUMO

Objetivou-se avaliar: os efeitos de lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio e de potássio aplicadas de forma convencional e por fertirrigação na cultura da abobrinha. Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. O sistema de irrigação utilizado na condução dos experimentos foi do tipo gotejamento. O delineamento utilizado no Experimento I (Lâminas de irrigação) foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos adotados foram: 30, 60, 90, 120, 150 e 180% da evapotranspiração de referência (E_{To} , mm dia^{-1}) com base na E_{To} de Penman-Monteith. Para os Experimentos II e III (Doses e formas de aplicação de nitrogênio e de potássio, respectivamente) o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em um esquema fatorial (4×2). Os tratamentos aplicados foram: TF0 e TC0 = Controle (sem aplicação do nutriente); TF50 = 50% da dose recomendada aplicada por fertirrigação; TC50 = 50% da dose recomendada aplicada de forma convencional; TF100 = 100% da dose recomendada aplicada por fertirrigação; TC100 = 100% da dose recomendada aplicada de forma convencional; TF200 = 200% da dose recomendada aplicada por fertirrigação e TC200 = 200% da dose recomendada aplicada de forma convencional. A colheita se iniciou no 35º DAP e foi concluída aos 66 DAP. Foram analisadas as seguintes variáveis: massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD), sendo avaliada a eficiência de uso da água (EUA), do nitrogênio (EUN) e do potássio (EUK). Também, foi realizada a análise econômica por meio dos indicadores: valor presente líquido (VPL); taxa interna de retorno (TIR) e período “payback” (PP). Foi realizado ainda o cálculo do VPL para todos os meses do ano. No Experimento I, as diferentes lâminas influenciaram estatisticamente a MF, o NF e a PROD da abobrinha, tendo sido observado comportamento polinomial quadrático para as três variáveis com a máxima produtividade estimada em $24.808 \text{ kg ha}^{-1}$, com a lâmina de 567 mm que corresponde a 159% da E_{To} de Penman-Monteith. No Experimento II, não foi observado efeito significativo com os métodos de adubação. Já, as doses de nitrogênio influenciaram significativamente a MF, o DF e a PROD, tendo a MF e o DF apresentado comportamento polinomial quadrático, enquanto a PROD teve melhor ajuste para a regressão linear crescente, sendo o maior valor estimado em $27.302 \text{ kg ha}^{-1}$, com a maior dose testada (280 kg ha^{-1} de N). A interação entre as formas de adubação e as doses de N só foi observada para a variável MF. No Experimento III, também não se observou efeito significativo para os métodos de adubação. As doses de

potássio influenciaram significativamente a MF, o DF, a EP e a PROD. Para a MF, observou-se resposta quadrática, enquanto que para as demais variáveis o ajuste foi linear crescente, sendo a maior PROD estimada em $36.828 \text{ kg ha}^{-1}$, relativa à maior dose de potássio aplicada (300 kg ha^{-1}). A interação entre as formas de aplicação e as doses de potássio não foi significativa nas variáveis avaliadas. A EUA apresentou comportamento linear decrescente com o aumento da lâmina aplicada, sendo o maior valor de 64 kg mm^{-1} , para 30% da ETo. Já, para as doses dos nutrientes testados, a eficiência cresceu linearmente com o aumento da dose de nitrogênio e potássio. As maiores eficiências foram obtidas com as maiores doses testadas de N e K_2O , sendo $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ com a dose de 280 kg ha^{-1} de N, e de $92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ com a dose de 300 kg ha^{-1} de K_2O . A EUN e a EUK apresentam comportamento quadrático. A dose de 160 kg ha^{-1} de N proporcionou a EUN máxima ($55 \text{ kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$). Para o potássio, a dose de 174 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou a EUK máxima ($87,41 \text{ kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$). A análise econômica indicou que apenas a irrigação com 30% da ETo de Penman-Monteith (186 mm) é inviável economicamente para o produtor, sendo os demais tratamentos de lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio e de potássio economicamente viáveis. Os meses de maio, abril, dezembro e novembro apresentaram os maiores valores de VPL.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo* L. Penman-Monteith. Adubação. Fertirrigação. Quimigação.

ABSTRACT

Aimed to evaluate: the effects of irrigation levels and nitrogen and potassium applied conventionally and fertigation on zucchini. The experiments were conducted in the experimental area of the Meteorological Station of the Federal University of Ceará, Fortaleza, Ceará. The irrigation system used in the conduct of experiments was dripping type. The design used in Experiment I (Blades irrigation) was a randomized block design with six treatments and four replications. The treatments were: 30, 60, 90, 120, 150 and 180% of the reference evapotranspiration (E_{To} , mm day^{-1}) based on Penman-Monteith E_{To} . For Experiments II and III (doses and forms of nitrogen application and potassium, respectively) the experimental design was a randomized block design with four replications, in a factorial design (4x2). The treatments were: TF0 and TC0 = Control (without application of the nutrient); TF50 = 50% of the recommended dose applied by fertigation; TC50 = 50% of the recommended dose applied in a conventional manner; TF100 = 100% of the recommended dose applied by fertigation; TC100 = 100% of the recommended dose applied in a conventional manner; TF200 = 200% of the recommended dose applied by fertigation and TC200 = 200% of the recommended dose applied conventionally. Plants were harvested at 35 DAP and was completed after 66 DAP. The following variables were analyzed: fruit mass (FM), number of fruits (NF), fruit length (FL), fruit diameter (FD), pulp thickness (PT), soluble solids (SS) and productivity (PROD), assessing water use efficiency (WUE), nitrogen (NUE) and potassium (KUE). Also, the economic analysis using indicators was taken: net present value (NPV); internal rate of return (IRR) and period "payback" (PP). It was also performed the NAV calculation for each month of the year. In experiment I, the different blades statistically influenced the FM, NF and the PROD zucchini, being quadratic polynomial behavior for the three variables with the estimated maximum productivity in $24,808 \text{ kg ha}^{-1}$, with the blade of 567 mm corresponding to 159% of E_{To} Penman-Monteith. In Experiment II, there was no significant effect with fertilization methods. Already, the nitrogen levels significantly influenced the FM, FD and PROD, and the FM and FD presented quadratic polynomial behavior while PROD had better fit for the growing linear regression, with the highest value estimated at $27,302 \text{ kg ha}^{-1}$, the highest dose tested ($280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$). The interaction between the forms of fertilization and N rates was only observed for the FM variable. In Experiment III, did not show any significant effect of fertilization methods. The potassium levels significantly influenced the FM, FD, PT and PROD. For FM, there was a quadratic response, while for the other variables the linear adjustment was growing, most

PROD being estimated at 36,828 kg ha⁻¹ on the higher dose of potassium applied (300 kg ha⁻¹). The interaction between the application forms and the potassium levels was not significant variables evaluated. The WUE decreased linearly with increasing applied blade, with the highest value of 64 kg mm⁻¹, for 30% of ETo. Already, at doses of nutrients tested, the efficiency increased linearly with increasing nitrogen and potassium dosage. The highest efficiency was obtained with the highest dose tested of N and K₂O, 68 mm⁻¹ kg ha⁻¹ at a dose of 280 kg ha⁻¹ of N and 92 kg ha⁻¹ mm⁻¹ with K₂O 300 kg ha⁻¹ K₂O. NUE and KUE have quadratic behavior. The dose of 160 kg ha⁻¹ N provided the maximum NUE (55 kg ha⁻¹ / kg ha⁻¹). For potassium, the dose of 174 kg ha⁻¹ K₂O provided the highest KUE (87.41 kg ha⁻¹ / kg ha⁻¹). The economic analysis indicated that irrigation with 30% of ETo Penman-Monteith (186 mm) is uneconomical for the producer, and the other treatments of irrigation levels and nitrogen and potassium economically viable. The months of May, April, December and November had the highest NPV values.

Keywords: *Cucurbita pepo* L. Penman-Monteith. Fertilization. Fertigation. Chemigation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Área experimental subdividida para instalação dos três experimentos com a cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	34
Figura 2 –	Localização da área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2013.....	35
Figura 3 –	Cultura da abobrinha (31 DAP), Fortaleza, Ceará, 2013.....	37
Figura 4 –	Frutos de abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	38
Figura 5 –	Vista parcial do conjunto motobomba, Fortaleza, Ceará, 2013.....	39
Figura 6 –	Vista parcial do cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2013.....	40
Figura 7 –	Vista da área com sistema de irrigação instalado, Fortaleza, Ceará, 2013.	40
Figura 8 –	Plântula e gotejador inserido na linha lateral de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.....	41
Figura 9 –	Distribuição dos tratamentos em campo utilizado nos três experimentos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	42
Figura 10 –	Fruto de abobrinha no campo na época da colheita (35 DAP), Fortaleza, Ceará, 2013.....	43
Figura 11 –	Adubação de fundação com fósforo em sulcos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	44
Figura 12 –	Layout do experimento com lâminas de irrigação, com seis tratamentos e quatro blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	46
Figura 13 –	Layout do experimento com doses e formas de aplicação de nitrogênio, contendo os tratamentos e blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	48
Figura 14 –	Layout do experimento com doses e formas de aplicação de potássio, contendo os tratamentos e blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	49
Figura 15 –	Balança digital para medição da massa dos frutos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	50
Figura 16 –	Medição do comprimento e do diâmetro do fruto, Fortaleza, Ceará, 2013.....	51
Figura 17 –	Paquímetro digital para medição da espessura da polpa e do diâmetro do fruto, Fortaleza, Ceará, 2013.....	51
Figura 18 –	Refratômetro digital para medição dos sólidos solúveis, Fortaleza,	

	Ceará, 2013.....	52
Figura 19 –	Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.....	57
Figura 20 –	Número de frutos (NF) de abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.....	57
Figura 21 –	Produtividade (PROD) da abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.....	58
Figura 22 –	Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (NC) e por fertirrigação (NF), Fortaleza, Ceará, 2013.....	61
Figura 23 –	Diâmetro do fruto (DF) de abobrinha em função da dose de nitrogênio (N), Fortaleza, Ceará, 2013.....	62
Figura 24 –	Produtividade (PROD) da abobrinha em função da dose de nitrogênio (N), Fortaleza, Ceará, 2013.....	63
Figura 25 –	Diâmetro do fruto (DF) de abobrinha em função da dose de potássio (K ₂ O), Fortaleza, Ceará, 2013.....	67
Figura 26 –	Espessura da polpa (EP) do fruto de abobrinha em função da dose de potássio (K ₂ O), Fortaleza, Ceará, 2013.....	68
Figura 27 –	Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da dose de potássio (K ₂ O), Fortaleza, Ceará, 2013.....	69
Figura 28 –	Produtividade (PROD) da abobrinha em função da dose de potássio (K ₂ O), Fortaleza, Ceará, 2013.....	69
Figura 29 –	Eficiência do uso da água (EUA) da cultura da abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.....	72
Figura 30 –	Eficiência do uso da água (EUA) na cultura da abobrinha em função da dose de N, Fortaleza, Ceará, 2013.....	74
Figura 31 –	Eficiência do uso da água (EUA) na cultura da abobrinha em função da dose de K ₂ O, Fortaleza, Ceará, 2013.....	74
Figura 32 –	Eficiência do uso do nitrogênio (EUN) na cultura da abobrinha em função da dose de N, Fortaleza, Ceará, 2013.....	76
Figura 33 –	Eficiência do uso do potássio (EUK) na cultura da abobrinha em função da dose de K ₂ O, Fortaleza, Ceará, 2013.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Dados mensais das variáveis climáticas durante a condução dos experimentos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	35
Tabela 2 –	Valores da análise física do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2013.....	36
Tabela 3 –	Valores da análise química do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2013.....	36
Tabela 4 –	Percentual da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (ET _o) e lâmina total de irrigação (L _i) correspondente a cada tratamento, Fortaleza, Ceará, 2013.....	46
Tabela 5 –	Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de N, Fortaleza, Ceará, 2013.....	47
Tabela 6 –	Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de K ₂ O, Fortaleza, Ceará, 2013.....	49
Tabela 7 –	Resumo da análise de variância para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) da abobrinha em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.....	56
Tabela 8 –	Resumo da análise de variância para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) da abobrinha em função da dose e da forma de aplicação de nitrogênio, Fortaleza, Ceará, 2013.....	60
Tabela 9 –	Resumo da análise para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) da abobrinha em função da dose e da forma de aplicação de potássio, Fortaleza, Ceará, 2013.	66
Tabela 10 –	Eficiência do uso da água (EUA) na cultura da abobrinha em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.....	72
Tabela 11 –	Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), e período “payback” (PB) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	78

Tabela 12 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	79
Tabela 13 – Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), e período “payback” (PB) em função da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	80
Tabela 14 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	81
Tabela 15 – Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), e período “payback” (PB), em função da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	82
Tabela 16 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.....	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	HIPÓTESES	20
3	OBJETIVO GERAL	20
3.1	Objetivos específicos	20
4	REVISÃO DE LITERATURA	21
4.1	A cultura da abobrinha	21
4.1.1	<i>Origem e importância</i>	21
4.1.2	<i>Características morfológicas</i>	22
4.1.3	<i>Exigências climáticas</i>	23
4.2	Manejo da irrigação	24
4.2.1	<i>Lâminas de irrigação</i>	25
4.3	Manejo da adubação	26
4.3.1	<i>Adubação nitrogenada</i>	27
4.3.2	<i>Adubação potássica</i>	29
4.4	Quimigação	31
4.4.1	<i>Fertirrigação</i>	32
5	MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1	Caracterizações da área experimental	34
5.1.1	<i>Área experimental</i>	34
5.1.2	<i>Local dos experimentos</i>	34
5.1.3	<i>Clima da região</i>	35
5.1.4	<i>Solo da área experimental</i>	36
5.2	Cultura	36
5.3	Preparo da área	38
5.4	Sistema de irrigação	38
5.5	Instalação e condução dos experimentos	43
5.6	Delineamento experimental	45
5.7	Descrições dos experimentos	45
5.7.1	<i>Experimento I: Lâminas de irrigação</i>	45
5.7.2	<i>Experimento II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio</i>	47
5.7.3	<i>Experimento III: Doses e formas de aplicação de potássio</i>	48

5.8	Variáveis analisadas	49
5.8.1	<i>Número de frutos</i>	49
5.8.2	<i>Massa do fruto</i>	49
5.8.3	<i>Produtividade</i>	50
5.8.4	<i>Diâmetro e comprimento do fruto</i>	50
5.8.5	<i>Espessura da polpa</i>	51
5.8.6	<i>Sólidos solúveis</i>	52
5.9	Análises estatísticas	52
5.10	Eficiências de usos da água, do nitrogênio e do potássio	53
5.11	Análise econômica	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
6.1	Experimento I: Lâminas de irrigação	56
6.2	Experimento II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio	60
6.3	Experimento III: Doses e formas de aplicação de potássio	66
6.4	Eficiências de usos da água, do nitrogênio e do potássio	72
6.5	Análise econômica	78
6.5.1	<i>Lâminas de irrigação</i>	78
6.5.2	<i>Doses de nitrogênio</i>	80
6.5.3	<i>Doses de potássio</i>	82
7	CONCLUSÕES	85
7.1	Experimento I: Lâminas de irrigação	85
7.2	Experimento II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio	85
7.3	Experimento III: Doses e formas de aplicação de potássio	86
	REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

A abobrinha é uma planta da família das *Cucurbitaceae*, que tem como origem o continente americano. A cultivar mais tradicional e mais conhecida é a “Caserta” (*Cucurbita pepo* L.), nome que, inclusive, é empregado para identificação desse tipo de cultura em algumas regiões do Brasil. Além de apreciada pelo sabor e textura leve, a abobrinha ainda conta com propriedades benéficas à saúde. Possui frutos de formato cilíndrico/cônico e coloração verde clara com estrias verde escuras, ricos em nutrientes como a niacina e vitaminas do complexo B. Apresenta-se no cenário brasileiro como uma das dez principais cucurbitáceas de maior valor econômico, sendo também considerada como uma fonte alternativa de produção para os agricultores, já que na região Norte, na Nordeste e em grande parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste pode ser cultivada em qualquer época do ano.

Na região Nordeste, caracterizada por apresentar déficits hídricos praticamente o ano todo, o seu cultivo, principalmente no segundo semestre, necessita do emprego da irrigação, para que a demanda de água pelas plantas seja atendida. A irrigação por gotejamento é uma alternativa viável, por apresentar menor custo de energia e potencial de minimizar impactos aos solos, devendo-se para tanto, pensar em um manejo capaz de fornecer a água de forma eficiente, sem excesso ou déficit, possibilitando a cultura expressar todo seu potencial, sem, contudo, causar impactos negativos ao ambiente. Dentro desse manejo, o cálculo de uma correta lâmina de irrigação é um dos principais fatores para o correto planejamento e dimensionamento de qualquer sistema de irrigação, sendo este decisivo para o sucesso dos cultivos.

Outro aspecto relevante para o estabelecimento e incremento produtivo da abobrinha, é um correto manejo nutricional, uma vez que o desequilíbrio nutricional influencia diretamente a produção e a qualidade final do produto das culturas agrônomicas. Para isso, torna-se necessário a realização de pesquisas que busquem definir a quantidade correta de fertilizantes a ser aplicada, o momento e a forma mais adequada para realizar seu fornecimento aos cultivos, uma vez que, até mesma dentro de uma mesma espécie, a capacidade em retirar os nutrientes do solo e as quantidades requeridas variam não só com a cultivar, mas também com fatores externos que condicionam este processo.

No tocante a racionalização do uso dos fertilizantes, nos últimos anos, a forma tradicional de aplicação nas culturas vem sendo substituída pela fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação, constituindo-se em uma alternativa bastante promissora frente à adubação convencional. Com tal prática, é possível

proceder ao fracionamento da aplicação dos fertilizantes, atendendo às diferentes etapas de desenvolvimento das plantas, resultando em uma melhor assimilação dos nutrientes pelos vegetais e em uma maior eficiência na adubação.

Por fim, acredita-se que, por meio do manejo adequado da irrigação e da adubação, é possível atender às reais necessidades hídricas e nutricionais das culturas, de modo que a água e os nutrientes possam ser bem quantificados e aplicados de maneira correta para as plantas no momento ideal. Com isso, poderá ocorrer redução de custos, menor desperdício de água, maximização da produção e diminuição de possíveis impactos ambientais negativos que são inerentes à atividade agrícola.

2 HIPÓTESES

A correta estratégia de manejo da cultura, no que diz respeito à lâmina de irrigação, poderá incrementar a eficiência do uso da água, gerando ganhos em produtividade, tanto em quantidade como em qualidade dos frutos de abobrinha.

O correto manejo da fertirrigação com nitrogênio, incluindo a estimativa da melhor dose e sua forma de aplicação, poderá racionalizar o uso do fertilizante, gerando incrementos na eficiência de uso, ganho em produtividade, melhoria da qualidade e, ainda, da expressão de todo o potencial agronômico da cultura.

O correto manejo da fertirrigação com potássio, incluindo a estimativa da melhor dose e sua forma de aplicação, poderá racionalizar o uso do fertilizante, gerando incrementos na eficiência de uso, resultando em ganhos de produtividade, melhoria da qualidade e, ainda, da expressão de todo o potencial agronômico da cultura.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas via fertirrigação e de forma convencional na cultura da abobrinha nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará.

3.1 Objetivos específicos

Avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos da cultura da abobrinha sob diferentes lâminas de irrigação baseadas em percentuais da evapotranspiração de Penman-Monteith nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará.

Testar e identificar a melhor dose de nitrogênio, bem como sua forma de aplicação (método convencional ou fertirrigação), para maximizar os aspectos produtivos e qualitativos de frutos de abobrinha.

Testar e identificar a melhor dose de potássio, bem como sua forma de aplicação (método convencional ou fertirrigação), para maximizar os aspectos produtivos e qualitativos de frutos de abobrinha.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura da abobrinha

4.1.1 Origem e importância

A abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) é uma planta da família *Cucurbitaceae*, cultivada em várias partes do Brasil e do mundo, que tem como origem o continente americano (região central do México e sul dos Estados Unidos) (CARPES, 2008). Segundo Teppner (2004), a família das cucurbitáceas é composta por 120 gêneros e aproximadamente 800 espécies predominantemente tropicais, sendo que todas as cinco espécies domesticadas de abóboras (*Cucurbita maxima*, *C. pepo*, *C. moschata*, *C. ficifoliae* e *C. argyrosperma*) são cultivadas no Brasil (ROMANO *et al.* 2008).

A abobrinha é cultivada em todas as regiões do Brasil, sendo uma das dez hortaliças de maior valor econômico e de maior produção no País (LÚCIO *et al.*, 2008). No Ceará, a análise conjuntural da CEASA indica que a comercialização da abobrinha vem crescendo nos últimos anos, haja vista que o volume médio comercializado (383,7 t ano⁻¹) na CEASA/Ceará nos últimos dois anos (2013 e 2014) é superior em 62% à média do período (2008-2012) que foi de 236,34 t ano⁻¹. Comportamento semelhante é observado para o valor da comercialização, onde o valor médio de R\$ 438.250,02 ano⁻¹ (2013/2014) é superior em 79% ao valor médio de R\$ 244.349,94 ano⁻¹ (2008-2012) (CEASA/CE, 2015). Destaca-se que a maior parte do volume comercializado é oriunda de pequenos produtores da grande Fortaleza e do Maciço de Baturité.

Existem diversas cultivares disponíveis no mercado brasileiro, mas entre as do tipo italiana se destacam a “Caserta”, Clarita e Clarinda, os híbridos F1 Novita, Novita Plus, Samira, Yasmim, híbrido Mazouka e as abobrinhas de tronco Branca, “Caserta” e Clara. Ainda nesse grupo, recentemente foi disponibilizado no mercado uma nova variedade de abobrinha, trata-se da Abobrinha Corona F1, que tem como principal característica a resistência às principais viroses da cultura: ZYMV, WMV E PRSV. No grupo da abobrinha brasileira, as principais são Menina-brasileira, Minipaulista, Brasileirinha, Menina-brasileira precoce, Vitória e os híbridos F1 Daine e Sandy (AMARO, 2009).

A introdução da cultura ocorreu pela cultivar “Caserta” devido à preferência popular nos principais mercados do país, além do destaque entre as cultivares como uma das

mais produtivas, viabilizando um consumo relativamente constante ao longo do ano (FILGUEIRA, 2012). Ainda segundo o mesmo autor, é também denominada como abóbora de moita, abobrinha italiana ou abobrinha de tronco.

As cucurbitáceas são cultivadas principalmente para fins alimentícios, aromáticos, medicinais, ornamentais ou como fonte de matéria-prima para diversos produtos. Para a dieta humana, os frutos das plantas desta família são importantes fontes de minerais e vitaminas, especialmente vitaminas A e C, encontrados na polpa, em forma de carotenoides e ácido ascórbico (ROMANO *et al.*, 2008). Segundo Ferreira (2007) as fibras também contêm bioflavonóides, bloqueadores dos receptores de hormônios estimulantes do câncer, e esteróis que são transformados em vitamina D no organismo, estimulando a diferenciação celular.

A abobrinha pode ser consumida refogada no óleo ou azeite, cozida, em saladas frias, como suflê, frita à milanesa, recheada ou como ingrediente em bolos, pizza e pastelões. Seu cozimento é rápido e não é necessário acrescentar água, pois a água da abobrinha é suficiente para cozinhá-la. É comercializada em caixas plásticas e vendida ao consumidor final a granel ou em bandejas, com os frutos inteiros ou já cortados (EMBRAPA, 2010).

4.1.2 Características morfológicas

A abobrinha do tipo “Caserta” apresenta formato do tipo “moita”, tendo como principais características hábito de crescimento ereto e predominância de hastes curtas, o que lhe proporciona plantios com espaçamentos menores em relação às cucurbitáceas de ramas longas, além de ser uma planta de cultivo anual (MOREIRA, 2010). O sistema radicular é extenso e superficial, concentrando-se nos primeiros 20 cm de solo, porém com a raiz principal podendo alcançar até 1,0 m de profundidade. As folhas são moderadas a profundamente lobadas, de coloração verde e manchas prateadas, caule prostrado e internódios curtos (TEPPNER, 2004; FILGUEIRA, 2012). É uma cultura susceptível a diversas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides (ÁVILA; REIS, 2007), com destaque para as viroses, sendo estas, as mais importantes nas cucurbitáceas em geral.

A planta apresenta expressão sexual do tipo monoica, com flores diclinas, amarelas, sendo as flores femininas em menor número com ovário alongado, já antecipando o aspecto do futuro fruto. A cultivar do tipo italiano “Caserta” possui frutos de formato cilíndrico/cônico e coloração verde clara com estrias verde escuras, ricos em nutrientes como a niacina e vitaminas do complexo B (ROMANO *et al.* 2008), também são ricos em cálcio, fósforo, ferro e fibras (OLIVEIRA *et al.*, 2013). O início da colheita da cultura ocorre

normalmente entre 45 e 60 dias após o plantio, podendo prolongar-se por mais 60 dias dependendo do nível nutricional e do estado fitossanitário da cultura com rendimento médio esperado de 8 a 10 t ha⁻¹ de frutos (SOUZA; RESENDE, 2011).

4.1.3 Exigências climáticas

A abobrinha italiana tipicamente tem preferência por clima ameno, não tolerando geadas ou frio intenso, no entanto, temperaturas muito elevadas podem prejudicar a polinização e a formação de frutos, comprometendo o rendimento da cultura (SOUZA; RESENDE, 2011). Segundo Cermeño (1990) a cultura apresenta melhor desenvolvimento em climas secos e temperatura do ar entre 18 a 35 °C.

Nogueira-Couto, Pereira e Couto (1990) citam que os principais agentes polinizadores das cucurbitáceas, as abelhas (*Apis mellífera*), são fortemente influenciadas pelas condições climáticas, fato observado por Franco (1999), que descreveu que estes insetos polinizadores reduziram a atividade de polinização quando submetidos a temperaturas baixas, ventos fortes ou chuvas contínuas, ocorrendo, assim, redução significativa na produção de frutos, fato também confirmado por Olinik *et al.* (2011), ao atribuírem o baixo pegamento de frutos observado durante experimento realizado em Bragança Paulista-SP, às baixas temperaturas predominantes durante todo o ciclo da cultura, abaixo de 14°C.

Com relação à umidade do ar, Cermeño (1990) afirma que para a família das cucurbitáceas a condição ótima situa-se em torno de 60 a 70%. De acordo com Carpes (2008) dentro destes valores a planta torna-se menos suscetível aos ataques de patógenos, visto que valores abaixo ou acima destes podem causar viroses ou doenças, ocasionando, conseqüentemente, uma redução do nível de polinização, resultando no abortamento de flores e formação de frutos defeituosos. Normalmente esse distúrbio aparece em decorrência do ressecamento do pólen em períodos de baixa umidade do ar, ou ainda devido à ausência de insetos pela ocorrência de dias com baixa temperatura ou chuva contínua (CAMARGO, 1992).

As condições climáticas afetam ainda a relação entre o número de flores masculinas e femininas entre as espécies de *Cucurbita* (LATTARO; MALERBO-SOUZA, 2006). A cultura prospera melhor durante o outono, inverno e primavera, sendo o período seco do ano o mais favorável, em regiões baixas, com inverno ameno, planta-se no outono-inverno, em regiões altas, durante a primavera (FILGUEIRA, 2012).

4.2 Manejo da irrigação

Azevedo *et al.* (2005) exaltam a água como um dos principais insumos que limita, mais frequentemente, o rendimento das culturas, reduzindo a eficiência do sistema de produção agrícola e tornando necessária a realização de um manejo adequado da irrigação para atender às necessidades da cultura e obter um maior retorno econômico.

A resposta da cultura à água constitui-se no elemento básico utilizado nos estudos econômicos para o planejamento da irrigação, uma vez que o comportamento produtivo das diversas culturas ocorre de maneira diferenciada em razão da quantidade e da frequência de irrigação durante o ciclo fenológico (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2001; SOUSA; COELHO; SOUZA, 1999).

O manejo da irrigação busca suprir a necessidade hídrica da cultura na medida certa, sem déficit, nem excesso. Assim, é muito importante, para se obter sucesso na produção e também preservar o meio ambiente, que o manejo da irrigação seja feito de forma adequada (MOREIRA *et al.*, 2009).

A crescente evolução dos empreendimentos agrícolas irrigados gera uma preocupação quanto ao excessivo consumo de água por essa atividade. Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), 69% da demanda nacional de água é utilizada pela agricultura irrigada, sendo que, 36% desse total é perdido devido ao manejo inadequado, gerando desta forma, uma limitação substancial dos potenciais benefícios da aplicação artificial de água nos cultivos.

Considerando as consequências de tais formas de manejo inadequadas, fica claro que o produtor, o consumidor e o ambiente são afetados negativamente. Para o produtor, o cultivo torna-se mais oneroso e a produção limitada, uma vez que a cultura não consegue expressar o seu máximo potencial genético. Para o consumidor, o produto torna-se mais caro e com a qualidade nutricional bastante comprometida. O ambiente, por seu turno, pode ter seus recursos hídricos e pedológicos deteriorados. Neste caso, isso ainda é mais grave considerando que, no Nordeste, solo e água são fatores limitantes à agricultura.

Esse fato é agravado em virtude das atuais turbulências mundiais e da visualização futura de um cenário de mudanças climáticas, escassez alimentar e substituição da matriz energética para os veículos automotivos e para as indústrias, tornando o uso restritivo e a disputa pela água, ponto de destaque entre os diversos segmentos da sociedade, tanto de forma regional quanto continental. Assim, a gestão e o manejo criterioso dos recursos

hídricos são fundamentais, uma vez que de certa forma estão diretamente relacionados à própria qualidade de vida da humanidade (PIRES *et al.*, 2008).

Nas regiões áridas e semiáridas, a limitação da água deve ser particularmente considerada no planejamento da irrigação, uma vez que é necessária a otimização dos recursos hídricos disponíveis visando à maximização da receita líquida por unidade de volume de água aplicado (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2001).

4.2.1 Lâmina de irrigação

Dentro do manejo da irrigação, de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2009), a lâmina de irrigação pode ser definida como sendo a quantidade de água a ser suprida pela irrigação no sentido de complementar as precipitações efetivas, com o objetivo de atender as necessidades hídricas da cultura. Segundo os mesmos autores, a determinação de uma correta lâmina é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. Souza e Andrade (2010) enfatizam a lâmina de irrigação como decisiva para o sucesso da produtividade dos cultivos.

Para Reichardt (1990), a estimativa da lâmina de irrigação a ser aplicada, apesar de ser um problema difícil, é indispensável para a prática de irrigação. Oliveira *et al.* (2011) salientam que a aplicação excessiva ou deficiente de água é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades.

Sob déficit hídrico, as plantas utilizam-se de mecanismos, como o fechamento dos estômatos, no intuito de restringir a perda de água, reduzindo a transpiração, a taxa fotossintética e, conseqüentemente, à absorção de CO₂ (LARCHER, 2006). Além de reduções da área foliar e antecipação da senescência e abscisão das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Viana *et al.* (2012) afirmam que caso a lâmina de água seja subdimensionada, o estresse causado pela falta de água reduz sensivelmente a produção vegetal, inviabilizando-a, por exemplo, em regiões de clima árido ou semiárido, onde a falta de água é constante e limita a atividade agrícola. Já o excesso diminui a aeração, afeta a absorção de nutrientes, aumentando o aparecimento de doenças, além de possibilitar a lixiviação dos nutrientes.

De acordo com Azevedo e Bezerra (2008), pesquisar diferentes lâminas de irrigação constitui uma maneira bastante prática para se estimar as necessidades hídricas de uma espécie, para que a cultura possa crescer e produzir de maneira adequada.

Dentro desse contexto, vários pesquisadores registram os aspectos positivos de se aplicar diferentes lâminas de irrigação em várias espécies agrícolas. Silva *et al.* (2011b)

testaram diferentes lâminas de irrigação na cultura da cenoura; Braga Filho *et al.* (2011) em bananeira; Viana *et al.* (2012) na cultura do girassol no Vale Baixo do Jaguaribe, Ceará; Mesquita *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2014) em gergelim e Silva *et al.* (2011a) em girassol, nas condições edafoclimáticas de Pentecoste, Ceará. Pesquisando lâminas de irrigação em outra cucurbitácea, na cultura do melão, nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, Ceará, Sousa *et al.* (2010), relatam que a produtividade foi influenciada significativamente com o aumento das lâminas de irrigação. Para a cultura da melancia Sandri, Pereira e Vargas (2014) estudaram os custos de produção e rentabilidade produtiva sob diferentes lâminas de irrigação, enquanto que Pereira (2012) estudou a produtividade em função de lâminas de irrigação.

No entanto, para a cultura da abobrinha, há carência de informação para se adequar a irrigação às necessidades fisiológicas da cultura, às características edafológicas e ao clima da região, o que gera dificuldades para a adoção de um manejo racional da irrigação, que vise minimizar as perdas por déficit ou excesso, e garantir produtividade.

4.3 Manejo da adubação

A produção de hortaliças requer adequado fornecimento de nutrientes desde o estágio de plântula até a colheita. O desequilíbrio nutricional, por carência ou excesso de nutrientes, influencia diretamente na produção e na qualidade final do produto (ARAÚJO, 2011).

A absorção dos nutrientes pelas plantas, no que diz respeito à quantidade e a proporção, está relacionada a características intrínsecas do vegetal e de fatores externos que condicionam estes processos. Para uma mesma espécie vegetal, a capacidade em retirar os nutrientes do solo e as quantidades requeridas varia não só com a cultivar, mas também com o grau de competição existente (GRANGEIRO *et al.*, 2005).

A prática de adubação, uma das principais tecnologias usadas para aumento da produtividade e da rentabilidade das culturas, consiste em corrigir deficiências naturais no solo de algum nutriente importante para o crescimento das plantas ou para repor nutrientes removidos pelas colheitas anteriores. Essa prática tem início com a análise do solo, envolve a correção da acidez e termina com a aplicação do adubo propriamente dito. Dessa forma, é necessário sempre fazer uma análise de solo, por meio da retirada de subamostras das camadas de solo com influencia nas raízes das plantas e seguir as recomendações de adubação da cultura (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2002).

Manejar adequadamente a adubação consiste em efetuar um conjunto de decisões que envolvem a definição das doses e das fontes de nutrientes a serem utilizadas, bem como as épocas e as formas de aplicação de corretivo ao solo (ANGHINONI; BAYER, 2004).

Segundo Nobre (2007), a adubação correta aumenta a produtividade agrícola e a rentabilidade da lavoura, embora represente um custo significativo e possa aumentar o risco do investimento, caso o manejo não seja o adequado.

Por fim a correta adubação, além de manter a produção dos solos produtivos, pode tornar um solo pobre em fértil. À medida que se cultiva o solo, os nutrientes se escasseiam devido às colheitas sucessivas e as produções ficam prejudicadas pela desnutrição e enfraquecimento das plantas, dessa forma para que as plantas voltem a produzir, é necessário devolver ou fornecer ao solo os nutrientes que lhe faltam (CAPISTRANO, 2007).

4.3.1 Adubação nitrogenada

Essencial à vida de qualquer vegetal, o nitrogênio tem participação na constituição de estruturas do protoplasma da célula, da molécula da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas e de várias vitaminas, influencia as reações metabólicas das plantas e proporciona um aumento no desenvolvimento vegetativo e no rendimento da cultura. O excesso de nitrogênio pode tornar os frutos aquosos, afetar negativamente a frutificação e promover modificações morfofisiológicas na planta. O nitrogênio também está relacionado à fotossíntese, à respiração, ao desenvolvimento e à atividade das raízes, entre elas a absorção iônica de outros nutrientes, crescimento, à diferenciação celular e genética (CARMELLO, 1999).

As principais formas de absorção de N pelas plantas são NO_3^- e NH_4^+ . Após a absorção inicial do N pela planta a forma oxidada deve sofrer redução para a entrada no metabolismo vegetal, sendo, por isso, necessária a redução do NO_3^- a NH_4^+ , processo este que ocorre tanto nas folhas como nas raízes (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

O nitrogênio, geralmente, é o elemento que as plantas exigem em maior quantidade e sua deficiência rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009). Pela importância desse nutriente, o aumento da produção agrícola resultante do emprego do fertilizante nitrogenado permite sustentar, cerca de 40% da população do planeta (MOSIER; GALLOWAY, 2005). O fertilizante nitrogenado é o mais consumido no mundo, apesar de no Brasil, os adubos mais consumidos serem os potássicos e os fosfatados (CARLOS *et al.*,

2012). Das fontes de nitrogênio disponíveis no Brasil, a ureia é o fertilizante mais comercializado no país (CAPISTRANO, 2007).

O uso de adubos nitrogenados constitui um fator importante na determinação do rendimento das culturas, sendo sua eficiência determinada pela dose e época de aplicação. A ação do nitrogênio ocorre em todos os órgãos da planta, e a combinação das melhores doses e épocas de aplicação pode resultar em melhores rendimentos de grãos (CARVALHO; PISSAIA, 2002).

A deficiência de nitrogênio nas plantas se expressa por meio de folhas descoloridas por causa da diminuição da quantidade de clorofila, os frutos são pequenos, com baixo teor de sólidos solúveis e tem a maturação retardada (CRISÓSTOMO *et al.*, 2002). Por outro lado quantidades excessivas de nitrogênio podem prolongar o período de crescimento vegetativo, produzindo uma vegetação excessiva, retardando a maturidade, tornando os tecidos moles, sem resistências às pragas e doenças, especialmente quando o suprimento dos demais elementos (com ênfase para o potássio) não é adequado (CAPISTRANO, 2007). Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (QUEIROGA *et al.*, 2007).

Dada a importância do nitrogênio para as plantas, seu manejo nas culturas agrícolas tem sido uma das práticas mais estudadas no sentido de melhorar sua eficiência de uso, pré-requisito para diminuir os custos de produção, para proteção ambiental e aumento no rendimento das culturas (KOLCHINSKI; SCHUCH, 2002). Assim, a quantidade de N a ser aplicada nas culturas deve minimizar tanto os excessos, que prejudicam a qualidade ambiental e cultural e oneram o produtor, quanto os déficits, que comprometem o rendimento projetado, buscando sempre o manejo ideal para satisfazer a necessidade da cultura com o menor impacto ambiental (FERNANDES, 2012).

No que diz respeito ao manejo da adubação nitrogenada uma das principais limitações é a falta de características analíticas suficientemente confiáveis para estabelecer as quantidades de nitrogênio por aplicar e a premissa do comprometimento da eficiência da adubação nitrogenada, decorrente de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato e volatilização de amônia (CERETTA *et al.*, 2002).

Segundo Papadopoulos (1999), o parcelamento durante o ciclo das culturas e sua aplicação diretamente na zona efetiva do sistema radicular podem aumentar a eficiência de utilização. Alguns estudos têm mostrado que em diversas olerícolas, o parcelamento da

fertirrigação tem proporcionado maiores incrementos na produtividade em relação à aplicação convencional (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2007)

Sobre a aplicação de fertilizante via água de irrigação, ainda são poucos os estudos sobre a cultura da abobrinha. No entanto, algumas pesquisas já demonstram efeitos positivos da fertirrigação para outras culturas da família cucurbitaceae.

Ao analisarem frequência de fertirrigação com nitrogênio na cultura da melancia Fernandes *et al.* (2014b) concluíram que nas regiões semiáridas, em solos de textura arenosa com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, a melancia, deve ser irrigada e fertirrigada diariamente, a fim de se obter o melhor rendimento da cultura. O parcelamento da fertirrigação com nitrogênio, em solo de textura arenosa, aumenta ainda a receita líquida da melancieira (FERNANDES *et al.*, 2014a). Para a cultura do melão Campelo *et al.* (2014) também concluíram que o parcelamento da aplicação do nitrogênio interferiu na eficiência do suprimento deste nutriente para a planta, sendo a frequência de fertirrigação diária a que proporcionou a maior produtividade.

Para Santos *et al.* (2009), a busca constante por um equilíbrio na aplicação de nitrogênio (N), aliada a escassez de estudos sobre a resposta das plantas e os efeitos sobre a produção de frutos de qualidade, aumenta a necessidade de mais investigação sobre o assunto.

4.3.2 Adubação potássica

As hortaliças são exigentes em potássio, sendo esse o macronutriente mais extraído pela maioria delas. Vidigal, Pacheco e Facion (2007) ao analisarem o crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida Tetsukabuto observaram que o potássio foi o nutriente absorvido em maior quantidade, seguido do nitrogênio e cálcio. Comportamento semelhante com maior absorção de potássio em relação aos demais macronutrientes tem sido verificado para outras cucurbitáceas como melão (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2006) e melancia (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004, 2005).

O potássio além de influenciar na produtividade da cultura, ele melhora a qualidade do produto e, conseqüentemente, o valor de mercado (FILGUEIRA, 2012). Na planta apresenta-se como cátion monovalente (K^+) e executa importante papel na regulação do potencial osmótico de células de plantas. É também requerido para a ativação de muitas enzimas da respiração e da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). O K atua ainda na síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), na resistência da planta à

incidência de pragas e doenças por meio do efeito na resistência e na permeabilidade das membranas plasmáticas (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

Com relação aos aspectos qualitativos da produção o potássio influencia o tamanho, o conteúdo de sólidos solúveis (teor de açúcar) e a espessura da casca de frutos de melão, planta da mesma família da abobrinha (CRISÓSTOMO *et al.*, 2002). Também exerce influência sobre espessura e a firmeza da polpa (FOLEGATTI *et al.*, 2004) e a textura dos frutos (FERNANDES; GRASSI FILHO, 2003).

Plantas com deficiência de potássio apresentam crescimento lento, afilamento das folhas mais novas e o amarelecimento nas bordas das mais velhas, podendo deixar as folhas amarronzadas e necrosadas (NASCIMENTO NETO, 2011). Ocorre ainda redução do crescimento radicular, maior taxa de acamamento de plantas, maior suscetibilidade fitossanitária e menor resistência ao estresse hídrico (PRADO, 2008).

Quando aplicado em excesso, o potássio provoca sintomas que se confundem com os danos causados pela salinidade (PRADO, 2008). Outro agravante desse excesso é o antagonismo existente com outros nutrientes como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes, com a conseqüente queda de produção (MEURER, 2006).

O potássio é comumente encontrado em três compostos: cloreto, KCl ; sulfato, K_2SO_4 ; e nitrato, KNO_3 , sendo que o cloreto de potássio (KCl) é o fertilizante potássico mais utilizado pelos agricultores no mundo devido, principalmente, a alta concentração de potássio e a melhor relação custo/benefício (NOVAIS *et al.*, 2007).

Embora o potássio seja um importante nutriente para as hortaliças, as informações relacionadas à dose e à época adequada de aplicação são bastante controversas. No caso da abobrinha, ainda que, existam recomendações de adubação para o cultivo comercial, são escassos os trabalhos de pesquisa que relacionam o efeito da adubação potássica sobre a produtividade e qualidade desta cultura (ARAÚJO, 2011).

Assim, faz-se necessário determinar doses do nutriente que auxiliem nas recomendações, o que requer a realização de estudos relacionados a doses de fertilizantes (ARAÚJO, 2011), uma vez que, as recomendações de adubação devem ser orientadas por resultados de pesquisas (YAMADA; ROBERTS, 2005), baseadas nas respostas das plantas à adubação (KANO, 2002). Costa, Cañizares e Goto (2001) afirmam que conhecendo o efeito de diferentes níveis de potássio, é possível oferecer melhores condições à planta, para que atinja o seu potencial genético de produção e absorção constante de nutrientes.

Nesse sentido, Vanousová (1968) analisando o efeito da nutrição e a distribuição de potássio em *C. pepo* L., concluiu que a ausência de potássio em plântulas com uma semana de emergência é suficiente para retardar o desenvolvimento da planta. Higuti *et al.* (2010), estudando a adubação com nitrogênio e potássio na produção de mudas de abóbora “Menina Brasileira”, não obtiveram aumento da massa fresca e seca da parte vegetativa, número de folhas e altura da planta o com a utilização de doses crescentes de potássio.

Grangeiro e Cecílio Filho (2006) avaliaram a produção de frutos de melancia sem semente, em função de doses e fontes de potássio e concluíram que as maiores produtividades foram obtidas com doses aplicadas no plantio de 94,1; 183,0 e 193 kg de K_2O ha^{-1} , respectivamente nas fontes K_2SO_4 , KCl e KNO_3 . Para a cultura do melão Nascimento Neto (2011) observou influência das diferentes doses de potássio avaliadas assim como entre as formas de aplicação, fertirrigação e adubação convencional, para a produtividade comercial e características de qualidade da produção.

4.4 Quimigação

A quimigação consiste em aplicar uma calda de agroquímicos (fertilizante, inseticida, fungicida, herbicida ou nematicida) por meio do sistema de irrigação (VIANA *et al.*, 2002). Trata-se de uma técnica compatível com diversos métodos de irrigação (SANTOS, 2014).

Os sistemas pressurizados vêm sendo cada vez mais utilizados nesse processo, devido ao movimento turbulento da água, que ajuda a manter o material químico uniformemente distribuído nas tubulações, contribuindo para obtenção de boa uniformidade de aplicação (ANDRADE; BRITO, 2006).

Avanços obtidos nas técnicas de irrigação, principalmente com os métodos de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão), cujas uniformidades e eficiências de aplicação da água ultrapassam 90%, tornam ainda mais promissor a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, técnica que tem se tornado indispensável nos projetos de irrigação de frutíferas e olerícolas, devido às vantagens em relação aos métodos tradicionais de aplicação de produtos químicos (SOCCOL, 2008).

A quimigação requer que os produtos usados estejam em solução, ou que possam ser disponibilizados em forma líquida ou fluida. Dessa forma, caso os materiais usados não sejam originalmente fluidos, é necessário preparar a solução desejada, antes de proceder à injeção (BRITO, 2002).

Soccol (2008) relata algumas seguintes limitações com relação ao uso da quimigação: custo inicial de infraestrutura do sistema; necessidade de pessoal treinado para manuseio dos produtos e sistemas de injeção; necessidade de conhecimentos técnicos dos produtos e cálculos de dosagens e épocas de aplicação, principalmente quando relacionados à fertirrigação.

Por outro lado, Cunha (2001) ressalta as principais vantagens da quimigação, assim relacionadas: a) uniformidade de aplicação; b) economia; c) incorporação e ativação; d) flexibilidade; e) redução da compactação do solo; f) redução de danos à cultura e g) menores riscos ao operador.

4.4.1 Fertirrigação

A fertirrigação consiste na aplicação dos adubos juntamente com a água de irrigação. Essa prática é de grande utilidade para as plantas, pois o nutriente é fornecido juntamente com a água o que é essencial para sua absorção (DUENHAS *et al.*, 2002). Com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e a qualidade dos fertilizantes líquidos ou de grande solubilidade, em diversos países, a fertirrigação tornou-se uma prática de uso amplo (COELHO, 1994). Um grande número de fertilizantes pode ser utilizado na aplicação via água de irrigação, sendo os mais apropriados ou recomendados os que apresentam alta solubilidade. Carrijo *et al.* (2004) citam que os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são aqueles com maior mobilidade, como o nitrogênio e o potássio.

A prática da fertirrigação, utilizando os mesmos equipamentos de irrigação, tem-se mostrado mais eficiente no fornecimento de nutrientes para diversas culturas, com uma série de vantagens sobre a forma tradicional, como a possibilidade de dosar e fracionar a aplicação de fertilizantes da maneira desejada, a economia de mão-de-obra, redução da lixiviação e melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo (MOTA *et al.*, 2001)

Quando a adubação é realizada de forma convencional, onde a aplicação dos adubos é feita a lanço ou em sulco de plantio, estima-se que apenas 1/3 dos adubos nitrogenados aplicados ao solo é aproveitado pelas plantas, o restante perdido por lixiviação, escoamento superficial e volatilização. Desta forma, a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, pode reduzir ou eliminar tais perdas, pois o nutriente é fornecido no momento e em quantidade adequada para as plantas, aumentando a eficiência e o aproveitamento dos adubos (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2006).

Fernandes, Araújo e Corá (2002) ressaltam que com o uso da fertirrigação é possível manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Tal fato contribui para uma melhor assimilação dos nutrientes permitindo maior eficiência e economia dos fertilizantes (ROSA *et al.*, 2006).

No entanto, o manejo incorreto, em razão da falta de informações adequadas e/ou utilização de forma empírica, é o principal problema da fertirrigação (VILLAS BÔAS *et al.*, 2001). DUENHAS *et al.* (2002) destacam que apesar de existirem publicações sobre a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, constata-se que ainda há necessidade de pesquisa sobre doses, concentração e parcelamento de fertilizantes para as culturas, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica. Fernandes (2012) afirma que a falta de informações com relação a níveis adequados dos fertilizantes para as condições edafoclimáticas locais, tem gerado, em alguns casos, insucessos no uso da fertirrigação.

Nesse sentido nos últimos anos alguns pesquisadores vêm estudando a resposta de diferentes culturas as doses de nutrientes aplicados pelo método convencional e por fertirrigação. Nascimento Neto *et al.* (2012), testando doses e formas de aplicação de nitrogênio na cultura do meloeiro amarelo, concluíram que a fertirrigação proporcionou maior produtividade comercial e maior espessura da casca que a adubação convencional, nas doses mais altas de N. Sousa *et al.* (2013) analisando diferentes doses e formas de adubação potássica na cultura do amendoim observaram que para a produtividade, a fertirrigação foi superior em relação ao método convencional quando se aplicou o dobro da dose recomendada.

Mesquita (2010), avaliando doses de adubação nitrogenada e potássica, aplicando os fertilizantes por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do gergelim, concluiu que não houve diferença estatística entre as formas de aplicação do adubo, podendo-se aplicar o fertilizante pelo método que for mais econômico ou que apresentar maior facilidade. Resultado semelhante foi observado por Vasconcelos (2011) ao estudar diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio na cultura do girassol e concluir que os produtores podem selecionar a forma de aplicação (adubação convencional ou fertirrigação) uma que as mesmas não diferiram entre si.

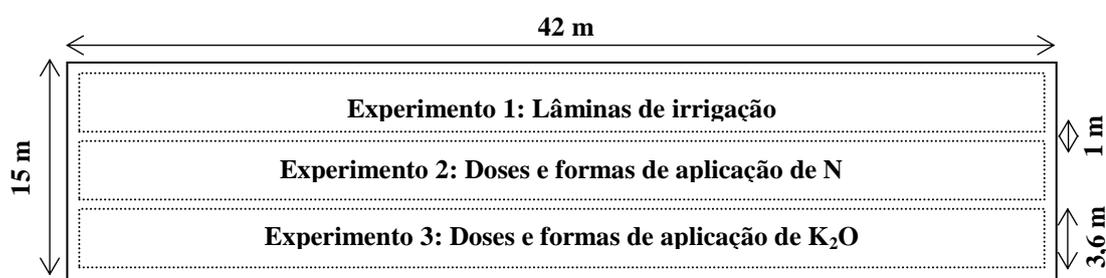
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterizações da área experimental

5.1.1 Área experimental

A área experimental, de 630 m², foi subdividida em três áreas menores de 144 m² cultivadas com abobrinha para aplicação dos tratamentos dos três experimentos, conforme consta na Figura 1.

Figura 1 - Área experimental subdividida para instalação dos três experimentos com a cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.



5.1.2 Local dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC), no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil, tendo as coordenadas geográficas de 3°44'45''S, 38°34'55''W e 20 m de altitude acima do nível médio do mar.

5.1.3 Clima da região

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo, caracterizado como clima tropical chuvoso, com precipitações predominantes no verão-outono, com temperatura média em todos os meses superior a 18°C (KÖPPEN, 1923). Os valores médios anuais, respectivamente, de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar são: 1.564 mm, 27 °C e 80 %, de acordo com dados fornecidos pela Estação Meteorológica da UFC, situada adjacente à área dos experimentos. Os dados mensais das variáveis climáticas coletados durante os experimentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados mensais das variáveis climáticas durante a condução dos experimentos, Fortaleza, Ceará, 2013.

Mês	Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa do ar (%)	Velocidade do Vento (m s^{-1})	Precipitação (mm)	EToPM (mm)
Setembro	27,1	64	4,4	16,7	5,96
Outubro	27,5	75	4,5	10,1	6,08
Novembro	27,5	68	4,3	5,7	5,76

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

Figura 2 - Localização da área experimental na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2013.



Imagem: Google Earth, 2013.

5.1.4 Solo da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras compostas na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade, com auxílio de um trado do tipo holandês. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e submetidas a análises laboratoriais para estimativa das características físico-hídricas (Tabela 2) e químicas (Tabela 3), conforme recomendações da Embrapa (1997).

Tabela 2 – Valores da análise física do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2013

Característica	Profundidade (m)
	0,0 a 0,2
Areia grossa (g kg ⁻¹)	405
Areia fina (g kg ⁻¹)	386
Silte (g kg ⁻¹)	96
Argila (g kg ⁻¹)	113
Classe textural	Franco-arenosa
Massa específica do solo (g cm ⁻³)	1,43
Massa específica das partículas (g cm ⁻³)	2,57
Capacidade de campo (g 100g ⁻¹)	7,52
Ponto de murcha permanente (g 100 ⁻¹)	4,52
CE (dS m ⁻¹)	0,20

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC. 2013.

Tabela 3 - Valores da análise química do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m, Fortaleza, Ceará, 2013

Profundidade	Característica									
	cmol _c kg ⁻¹						g kg ⁻¹			
(0,0 a 0,2 m)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	N	C	MO	P
	1,7	1,2	0,06	0,11	1,65	0,1	0,52	5,94	10,24	6

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC. 2013.

5.2 Cultura

A pesquisa foi realizada com a cultura da abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), híbrido Corona F1 da Topseed Premium (Figuras 3 e 4). A planta caracteriza-se por ter crescimento determinado, em forma de moita, com expressão monoica para o sexo. Produz flores grandes, de cor amarela, sendo as femininas em menor quantidade. Seus frutos apresentam formato cilíndrico, com a casca lisa, cor verde claro e estrias verdes escuras. A produção de frutos é uniforme, com excelente padrão de tamanho mercadológico, apresentando peso médio de aproximadamente 175 g. O híbrido apresenta ainda alta resistência às principais viroses da cultura: ZYMV, WMV e PRSV, característica que associada a grande aceitação por parte dos produtores, motivaram a sua escolha. As sementes foram adquiridas em embalagens de 50g, contendo, aproximadamente, 500 sementes cada pacote.

Figura 3 - Cultura da abobrinha (26 DAE), Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

Figura 4 - Frutos de abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013.



5.3 Preparo da área

O preparo da área foi realizado por meio de uma aração profunda, seguida de duas gradagens cruzadas. Posteriormente, procedeu-se a limpeza e o nivelamento manual do terreno, com a utilização de enxada e ciscador, objetivando retirar resto cultural do solo que viesse, de qualquer forma, a comprometer ou interferir na aplicação dos tratamentos, e também para auxiliar na disposição do sistema de irrigação.

5.4 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação instalado na área experimental, para fins de condução dos experimentos, foi do tipo gotejamento superficial, apresentando a seguinte constituição:

- Conjunto motobomba - bomba centrífuga acoplada a um motor de 1/2 cv (Figura 5);
- Cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes - o cabeçal de controle era constituído por um filtro de discos de 7'', registro de gaveta, manômetro de glicerina, calibrado em kgf cm^{-2} ;
- Sistema de injeção de fertilizantes operado por meio de um sistema by-pass, contendo um injetor venturi e uma motobomba auxiliar, com a função de acelerar o fluxo da calda de fertilizantes (Figura 6);
- Linha principal - constituída de PVC (PN 40) com diâmetro nominal (DN) de 50 mm;
- Linhas de derivação – fabricadas em polietileno, com DN de 16 mm;
- Registros tipo borboleta de 16 mm - instalados no início de cada linha de derivação, com objetivo de controlar a lâmina de irrigação e as doses de fertilizantes testadas nos três experimentos;
- Linhas laterais – constituídas de mangueiras de polietileno de 16 mm de DN, comprimento de 3,6 m e espaçadas em 1,0 entre elas (Figura 7);
- Gotejadores - emissores inseridos na tubulação de polietileno, seguindo espaçamento de 0,6 m entre gotejadores. Cada emissor fornecia vazão de 4 L h^{-1} , a uma pressão de serviço de $1,0 \text{ kgf cm}^{-2}$ (Figura 8).

Figura 5 – Vista parcial do conjunto motobomba, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

Figura 6 – Vista parcial do cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2013.



B
Foto: Autor, 2013.

Figura 7 - Vista da área com sistema de irrigação instalado, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

Figura 8 – Plântula e gotejador inserido na linha lateral de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

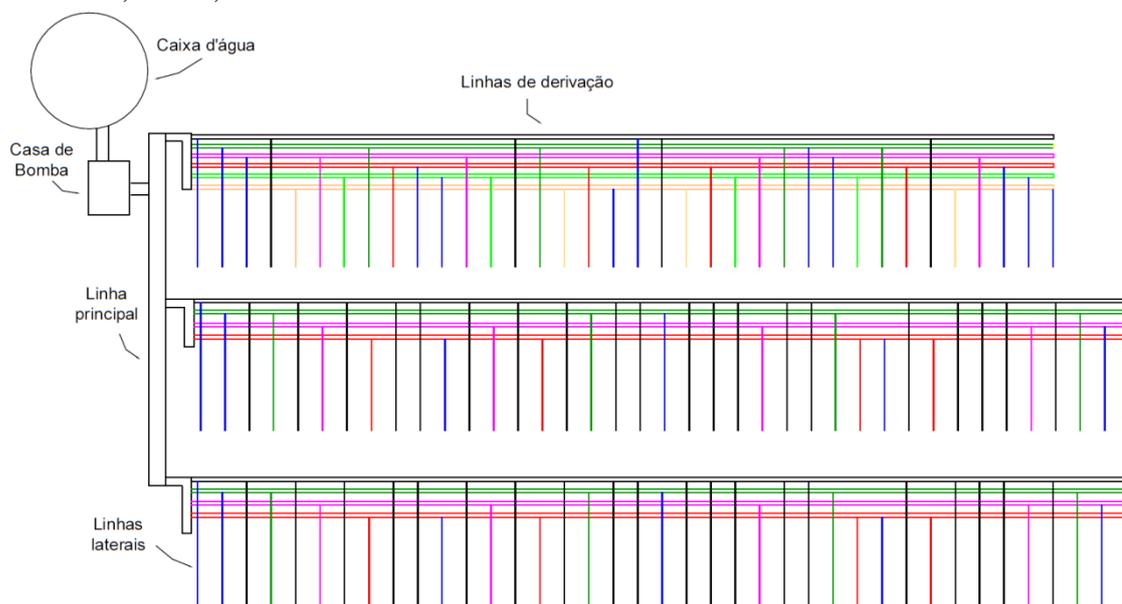
Uma vez instalado o sistema de irrigação (Figura 9), foi realizado o teste de uniformidade no sistema, por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), estabelecido por Christiansen (1942), descrito na equação 01. O CUC calculado ao final do teste foi de 0,98.

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \cdot 100 \quad (01)$$

Em que:

- *CUC* - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);
- X_i - precipitação coletada no pluviômetro de ordem *i* (cm);
- \bar{X} - média das precipitações coletadas nos pluviômetros (cm);
- *n* - número de pluviômetros.

Figura 9 – Distribuição dos tratamentos em campo utilizado nos três experimentos, Fortaleza, Ceará, 2013.



O manejo da irrigação dos experimentos de lâminas, doses de nitrogênio e de potássio foi realizado com base na reposição da evapotranspiração diária. O tempo de irrigação de cada tratamento foi calculado conforme a equação 02.

$$Ti = \frac{Li * E_L * E_g * F_C}{Ei * q_g} \quad (02)$$

Em que:

- T_i - tempo de irrigação (h);
- L_i - lâmina de irrigação a ser aplicada (mm dia^{-1});
- E_L - espaçamento entre as linhas laterais (m);
- E_G - espaçamento entre gotejadores (m);
- F_C - fator de cobertura do solo (adimensional);

- E_i - eficiência de irrigação (adimensional);
- q_g - vazão do gotejador ($L h^{-1}$).

A lâmina de irrigação (L_i) foi estimada através da ETo de Penman-Monteith, com base nos dados obtidos na estação meteorológica automatizada, provida de sensores e equipamentos necessários para estimativa, de acordo com a recomendação de Allen *et al.* (1998). Para os experimentos II e III, a irrigação foi realizada visando repor 100% da evapotranspiração da cultura. O fator de cobertura (F_c) adotado em todos os experimentos e tratamentos foi de 0,4 ao longo de todo o ciclo da cultura.

5.5 Instalação e condução dos experimentos

A semeadura foi realizada diretamente no solo, no dia 16 de setembro de 2013, seguindo o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, que corresponde a um estande de 16.666 plantas por hectare. Para garantir a uniformidade das parcelas, foram inseridas duas sementes por cova. Antes da semeadura, foi efetuada uma irrigação visando elevar a umidade do solo até a capacidade de campo, a fim de possibilitar um bom índice de germinação das sementes.

Os tratos culturais durante a condução dos experimentos consistiram em: desbaste realizado no sétimo dia após o plantio (DAP); duas capinas manuais realizadas no 15° e no 35° DAP; monitoramento do estado fitossanitário e nutricional realizado durante todo o ciclo da cultura e colheita manual (Figura 10) realizada do 35° ao 66° DAP.

A adubação foi realizada de acordo com a análise do solo da área experimental (Tabela 2) e com as recomendações propostas por Filgueira (2012). As doses de nutrientes e fontes comerciais utilizadas foram: 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Ureia - 45% de N); 300 kg ha⁻¹ de fósforo (Superfosfato simples - 18% de P₂O₅) e 150 kg ha⁻¹ de potássio (Cloreto de potássio - 60% de K₂O).

Nos experimentos onde não se testaram as doses de N ou de K₂O, foi aplicado um terço da dose recomendada de N e de K₂O na ocasião do plantio, o que correspondeu a 32 g de ureia e 30 g de cloreto de potássio por linha. E, os dois terços restantes da dose de N foram parcelados em duas aplicações, uma no 15° e outra no 30° DAP, enquanto que os dois terços restantes da dose de K₂O foram aplicados de uma única vez no 15° DAP. Já, o fósforo foi aplicado todo de uma vez em fundação, 600 g por linha em todos os tratamentos dos três experimentos (Figura 11). Também, na ocasião do plantio, aplicou-se ainda uma dose de 2 kg ha⁻¹ de boro, utilizando o ácido bórico (17% - Boro) como fonte do nutriente.

Figura 10 - Fruto de abobrinha no campo na época da colheita (35 DAP), Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

Figura 11 - Adubação de fundação com fósforo em sulcos, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

Todas as adubações, com exceção da aplicação do fósforo, foram realizadas por meio da fertirrigação. Para isso, foi utilizado um volume de calda de 30 litros, suficiente para a injeção da solução nutritiva e para a adequada distribuição dos fertilizantes na área cultivada. A taxa de injeção no sistema de irrigação foi calculada em 90 L h^{-1} . Após a fertirrigação, o sistema de irrigação continuava operando durante o tempo necessário para aplicação total da lâmina de irrigação, o que possibilitava a lavagem das tubulações e reduzia os riscos de entupimentos.

5.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições para o experimento com lâminas de irrigação, com oito tratamentos e quatro repetições para o de doses e formas de aplicação de nitrogênio e de potássio. Em cada bloco, num total de quatro, havia seis ou oito parcelas, de acordo com o experimento. A área individual de cada parcela era de $3,6 \text{ m}^2$ ($3,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$), e continha seis plantas. As três primeiras fileiras de plantas do primeiro e do último bloco, as duas fileiras entre os blocos, além da primeira e da última planta de cada parcela foram utilizadas como área de bordadura. Portanto, cada parcela possuía quatro plantas úteis, que foram utilizadas para a coleta de dados experimentais e suas respectivas análises. Os tratamentos foram casualizados dentro dos blocos de acordo com o sorteio efetivado.

5.7 Descrições dos experimentos

Os três experimentos foram conduzidos concomitantemente. O plantio ocorreu no dia 16 de setembro de 2013 e a colheita foi encerrada no dia 21 de novembro de 2013, perfazendo um ciclo de 66 dias.

5.7.1 Experimento I: Lâminas de irrigação

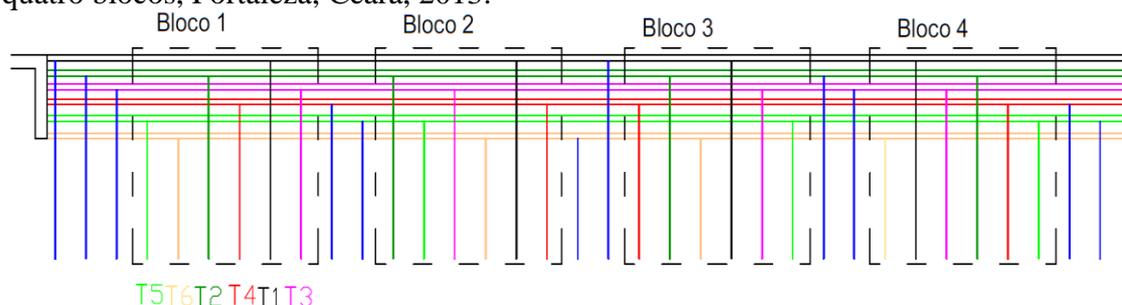
As lâminas de irrigação aplicadas foram estabelecidas com base na evapotranspiração de referência (ET_o) obtida pela metodologia de Penman-Monteith. A diferenciação dos tratamentos iniciou no 10° DAE, e as lâminas totais aplicadas em cada um deles estão apresentadas na Tabela 4. Os seis tratamentos foram correspondentes aos níveis de irrigação de: 30, 60, 90, 120, 150 e 180% da ET_o de Penman-Monteith (ET_o , mm dia^{-1}).

Tabela 4 - Percentual da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (ET_o) e lâmina total de irrigação (Li) correspondente a cada tratamento, Fortaleza, Ceará, 2013.

Tratamento	ET _o (%)	Li total (mm)
T1	30	186
T2	60	277
T3	90	368
T4	120	459
T5	150	551
T6	180	642

Na Figura 12 pode-se observar o layout da disposição dos seis tratamentos e quatro blocos no campo.

Figura 12 - Layout do experimento com lâminas de irrigação, com seis tratamentos e quatro blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.



O cálculo da ET_o foi realizado de acordo com a padronização proposta pela FAO (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997), devido sua grande aceitação e facilidade de aplicação (Equação 03). Os dados foram coletados na estação meteorológica automática da UFC, instalada a 30 metros da área experimental.

$$ET_o = \frac{s}{s \cdot \gamma^*} \cdot (Rn - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{(s + \gamma^*) \cdot (T + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_e) \quad (03)$$

Em que:

- ET_o - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);
- S - declividade da curva de pressão de vapor d'água (kPa °C⁻¹);
- γ - coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);
- γ* - constante psicrométrica modificada (kPa °C⁻¹);
- Rn - saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹);
- G - fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);
- λ - calor latente de evaporação (2,45 MJ kg⁻¹);
- T - temperatura média do ar diária (°C);

- U_2 - velocidade do vento a 2 m da superfície do solo (m s^{-1});
- e_s - pressão de saturação de vapor d'água (kPa);
- e_a - pressão parcial de vapor d'água (kPa).

5.7.2 Experimento II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio

Nesse experimento foram avaliadas doses de nitrogênio, utilizando-se ureia, 45% de N, aplicada de duas formas: via sistema de irrigação (fertirrigação) e de forma convencional, nas quantidades de: 0 (correspondente ao controle); 70; 140 e 280 kg ha^{-1} , correspondendo à metade da dose recomendada; à dose recomendada e ao dobro da dose recomendada por Filgueira (2012) para a cultura da abobrinha.

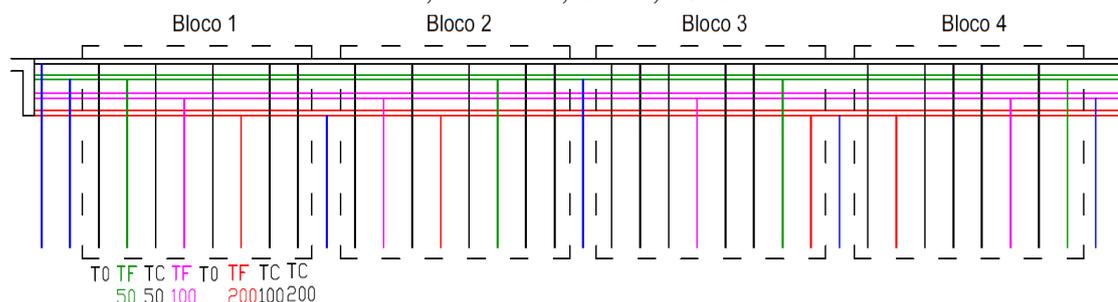
Na adubação convencional, as três doses de N testadas foram divididas em três aplicações, sendo um terço aplicado em fundação e os dois terços restantes em cobertura, no 10° e no 25° DAE, respectivamente. Nos tratamentos de fertirrigação, as doses de N foram aplicadas parceladamente, por meio de nove aplicações semanais, com a primeira aplicação no 2° DAE.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em um esquema fatorial (4x2). Dessa maneira, os tratamentos foram: TC0 e TF0 (sem aplicação de N para as duas formas de aplicação, convencional e fertirrigada); TC50 (metade da dose recomendada aplicada de forma convencional); TF50 (metade da dose recomendada aplicada por fertirrigação); TC100 (dose recomendada aplicada de forma convencional); TF100 (dose recomendada aplicada por fertirrigação); TC200 (dobro da dose recomendada aplicada de forma convencional) e TF200 (dobro da dose recomendada aplicada por fertirrigação), conforme descrito na Tabela 5. O layout da disposição dos tratamentos e dos blocos na área experimental pode ser observado na Figura 13.

Tabela 5 - Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de N, Fortaleza, Ceará, 2013.

Tratamento	Dose de N (kg ha^{-1})	Forma de aplicação
TC0 e TF0	0	Controle
TC50	70	Convencional
TF50	70	Fertirrigação
TC100	140	Convencional
TF100	140	Fertirrigação
TC200	280	Convencional
TF200	280	Fertirrigação

Figura 13 - Layout do experimento com doses e formas de aplicação de nitrogênio, contendo os tratamentos e blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.



5.7.3 Experimento III: Doses e formas de aplicação de potássio

Nesse experimento, foram avaliadas doses de potássio, utilizando-se o KCl (60% de K_2O), aplicadas de duas formas: via sistema de irrigação (fertirrigação) e por adubação convencional, nas quantidades de: 0; 75; 150 e 300 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , o que corresponde, respectivamente, aos tratamentos: controle; a metade da dose recomendada, a dose recomendada e o dobro da dose recomendada por Filgueira (2012) para a cultura da abobrinha.

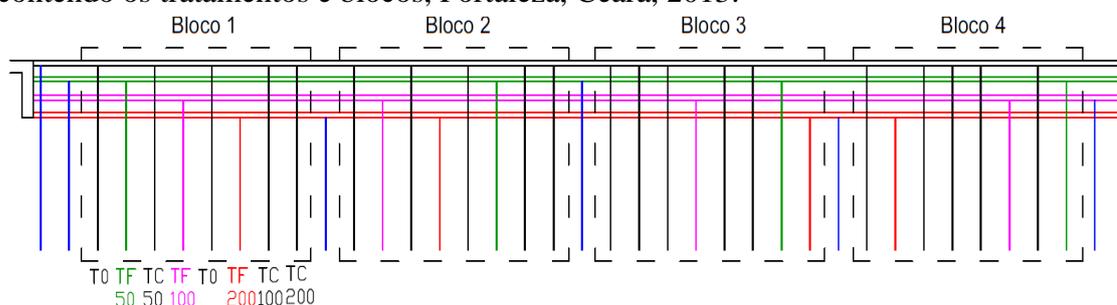
Na adubação convencional, as três doses de K_2O foram divididas em duas aplicações, sendo um terço aplicado em fundação e os dois terços restantes em cobertura, no 10º DAE. Nos tratamentos de fertirrigação, as doses de K_2O foram aplicadas parceladamente, por meio de nove aplicações semanais, com a primeira aplicação no 2º DAE.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em um esquema fatorial (4x2). Dessa maneira, os tratamentos foram: TC0 e TF0 (sem aplicação de K_2O para as duas formas de aplicação, convencional e fertirrigada); TC50 (metade da dose recomendada aplicada de forma convencional); TF50 (metade da dose recomendada aplicada por fertirrigação); TC100 (dose recomendada aplicada de forma convencional); TF100 (dose recomendada aplicada por fertirrigação); TC200 (dobro da dose recomendada aplicada de forma convencional) e TF200 (dobro da dose recomendada aplicada por fertirrigação), conforme descrito na Tabela 6. O layout da disposição dos tratamentos e dos blocos na área experimental pode ser observado na Figura 14.

Tabela 6 – Descrição dos tratamentos do experimento com doses e formas de aplicação de K_2O , Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	Dose de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	Forma de aplicação
TC0 e TF0	0	Controle
TC50	75	Convencional
TF50	75	Fertirrigação
TC100	150	Convencional
TF100	150	Fertirrigação
TC200	300	Convencional
TF200	300	Fertirrigação

Figura 14 - Layout do experimento com doses e formas de aplicação de potássio, contendo os tratamentos e blocos, Fortaleza, Ceará, 2013.



5.8 Variáveis analisadas

5.8.1 Número de frutos

O número de frutos por planta foi obtido através de contagem manual, de acordo com o padrão de qualidade mínima, sendo os defeitos proibidos: ferimento, fruto passado, podridão, danos por praga, virose e/ou murcho (CEAGESP, 2013).

5.8.2 Massa do fruto

Os frutos de cada colheita foram separados por planta e por tratamento, para posteriormente serem pesados com uma balança digital, modelo 9091 Toledo, com precisão de 0,5 g (Figura 15).

Figura 15 - Balança digital para medição da massa dos frutos, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

5.8.3 Produtividade

A produtividade da abobrinha foi calculada multiplicando-se o número de frutos colhidos pela massa do fruto por planta e por tratamento. De posse da produtividade por planta e por tratamento, esta foi multiplicada pelo número de plantas por hectare para obtenção da produtividade (kg ha^{-1}).

5.8.4 Diâmetro e comprimento do fruto

A medição do comprimento do fruto (cm) foi realizada com auxílio de uma régua graduada em centímetros, e subdividida em milímetros. Já, para a medição do diâmetro do fruto (mm) utilizou-se um paquímetro digital modelo 144B 150 mm/200 mm 0,01/0005 – Mitutoyo (Figura 16).

Figura 16 - Medição do comprimento e do diâmetro do fruto, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

5.8.5 Espessura da polpa

A espessura da polpa foi obtida por meio de um paquímetro digital, modelo 144B 150 mm/200 mm 0,01/0005 – Mitutoyo, conforme pode ser observado na Figura 17.

Figura 17 - Paquímetro digital para medição da espessura da polpa e do diâmetro do fruto, Fortaleza, Ceará, 2013.

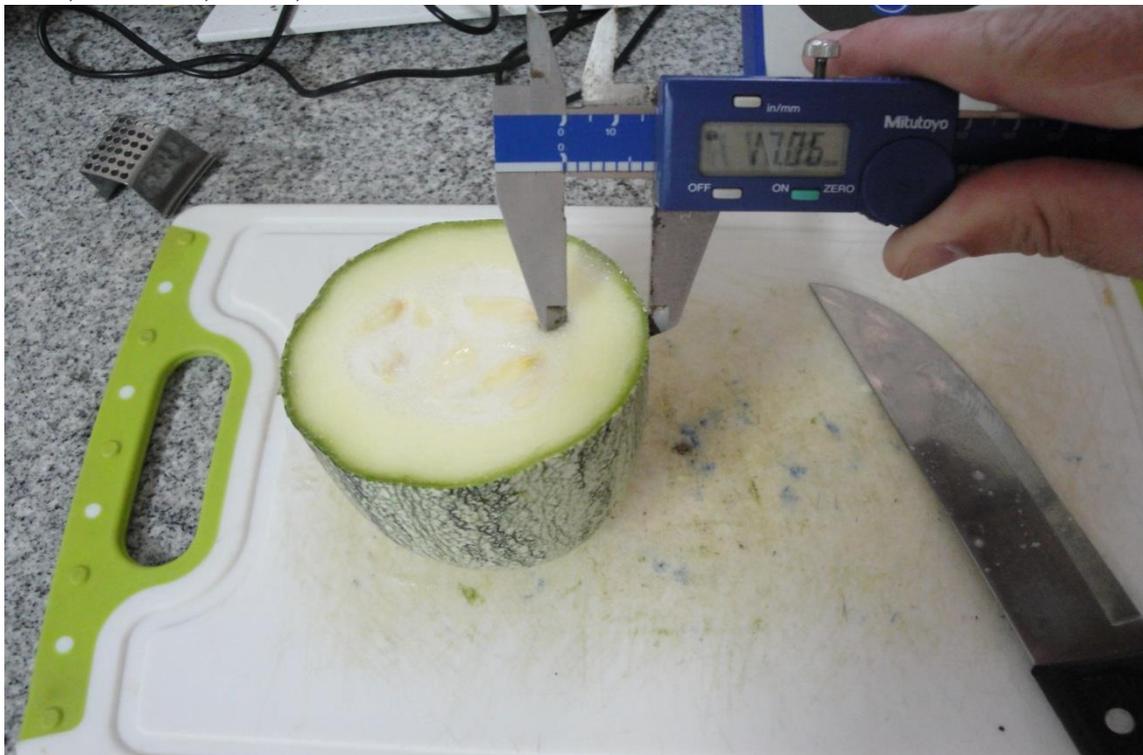


Foto: Autor, 2013.

5.8.6 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (SS) foi obtido por meio de refratômetro digital Pocket Refractometer PAL-1, com precisão de 0,1 °Brix, utilizando amostras de suco dos frutos colhidos, e os resultados expressos em °Brix (Figura 18).

Figura 18 – Refratômetro digital para medição dos sólidos solúveis, Fortaleza, Ceará, 2013.



Foto: Autor, 2013.

5.9 Análises estatísticas

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Os dados de natureza qualitativa que apresentaram efeito significativo na análise de variância foram comparadas pelo teste de Tukey. Já, os dados de natureza quantitativa foram submetidos ao estudo de regressão, buscando-se ajustar a equação do modelo matemático que apresentou melhor nível de significância e maior valor para o coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se para isso o software para análises estatísticas da Universidade Federal de Campina Grande ASSISTAT 7.6 e o Microsoft Office Excel (2007).

5.10 Eficiências de uso da água, do nitrogênio e do potássio

A eficiência de uso da água (EUA, em $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), em produzir frutos de abobrinha, foi calculada para cada tratamento por meio da relação entre a produtividade em kg ha^{-1} e a lâmina total de água aplicada na irrigação (mm) durante o ciclo da cultura, de acordo com a proposição da equação 04, proposta por Doorenbos e Kassam (1994):

$$\text{EUA} = \frac{Y}{W} \quad (04)$$

Em que:

- EUA - eficiência de uso da água, $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$;
- Y - rendimento da cultura, kg ha^{-1} ;
- W - lâmina total de água aplicada durante o ciclo, mm.

A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) foi calculada utilizando-se a equação 05:

$$\text{EUN} = \frac{Y_t - Y_0}{N_t} \quad (05)$$

Em que:

- EUN - eficiência de uso do nitrogênio, $\text{kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$;
- Y_t - produtividade, kg ha^{-1} , da abobrinha no tratamento 't';
- Y_0 - produtividade, kg ha^{-1} , da abobrinha no tratamento testemunha;
- N_t - quantidade de N, kg ha^{-1} , no tratamento 't'.

A eficiência de uso do potássio (EUK) foi calculada utilizando-se a equação 06:

$$\text{EUK} = \frac{Y_t - Y_0}{K_t} \quad (06)$$

Em que:

- EUK - eficiência do uso do potássio, $\text{kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$;
- Y_t - produtividade, kg ha^{-1} , da abobrinha no tratamento 't';
- Y_0 - produtividade, kg ha^{-1} , da abobrinha no tratamento testemunha;
- K_t - quantidade de K_2O , kg ha^{-1} , no tratamento 't'.

5.11 Análise econômica

Quanto à análise financeira do projeto, visando à viabilidade de investimento, foi utilizado o método do valor presente líquido (VPL), que representa o valor do dinheiro no tempo. O VPL foi obtido subtraindo-se do investimento inicial, o valor presente das entradas de caixa, descontado da taxa mínima requerida do projeto e da taxa interna de retorno (TIR), que foi usada para a tomada de decisão em aceitar ou rejeitar o investimento, além do período “payback” para um horizonte de análise de cinco anos.

Indicadores financeiros calculados:

- Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} \quad (04)$$

Em que:

- E_t é o fluxo de caixa líquido do projeto; i , taxa de desconto anual; t , o tempo, em anos e n , o horizonte do projeto.

- Taxa Interna de Retorno (TIR):

$$TIR = i, \text{ tal que, } \sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_i = 0 \quad (05)$$

Em que:

- I_i é o investimento inicial do projeto.

Os preços dos insumos e equipamentos foram levantados em lojas agropecuárias de Fortaleza, em setembro de 2013. O preço do quilograma de abobrinha usado nos cálculos foi referente a 60% daquele praticado na compra pelos comerciantes da CEASA de Fortaleza, Ceará, no mês de novembro de 2013, mês em que foi realizada a colheita dos experimentos.

O custo do consumo de energia elétrica foi estimado com base a equação 06.

$$CE = 0,7457 \times Pot \times Tf \times PkWh \quad (06)$$

Em que:

- CE: custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$.
- 0,7457: fator de conversão de cv para kw.
- Pot: potência do motor, em cv.
- Tf: tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a ECA, em horas.
- PkWh: preço do kWh, em R\$.

Para o custo referente à eletricidade, foi utilizado o preço do kW h⁻¹ rural. Para o custo da água foi considerado o investimento necessário à perfuração de um poço profundo, estimado em vinte mil reais e considerando capacidade de irrigar um hectare. Um fluxo de caixa no período de cinco anos foi construído para analisar a viabilidade econômica da exploração da abobrinha irrigada na região de estudo, levando em consideração as despesas com a produção da cultura; os custos da propriedade e dos equipamentos e as receitas obtidas, que foi calculada mediante a produtividade estimada para a abobrinha, obtida em um hectare cultivado com dois ciclos anuais. Em função da variação mensal dos preços de venda dos frutos, foi realizado ainda o cálculo do VPL para todos os meses do ano, a fim de analisar quais os melhores meses para que o produtor ofereça seu produto.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I: Lâminas de irrigação

A fim de avaliar o comportamento da abobrinha Corona F1, em função das diferentes lâminas de irrigação, aplicou-se a análise de variância (Tabela 7). Verifica-se que as variáveis: massa do fruto (MF) e produtividade (PROD) responderam significativamente a 1% ($P < 0,01$), enquanto o número de frutos (NF) foi significativo a 5% ($P < 0,05$), às diferentes lâminas de irrigação aos 66 DAP. Já, o comprimento do fruto (CF), o diâmetro do fruto (DF), a espessura da polpa (EP) e os sólidos solúveis (SS) não apresentaram diferença estatística.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) de abobrinha em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.

FV	GL	Quadrado médio						
		MF	NF	CF	DF	EP	SS	PROD
Blocos	3	8.712 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,23 ^{ns}	26,40 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,02 ^{ns}	9.619.444 ^{ns}
Tratamentos	5	26.667 ^{**}	0,41 [*]	2,62 ^{ns}	22,08 ^{ns}	5,05 ^{ns}	0,26 ^{ns}	126.382.397 ^{**}
Resíduo	15	4.498	0,12	5,30	43,30	3,25	0,09	18.948.226
Total	23	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	10,99	18,26	10,79	9,36	13,76	10,10	21,50

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; ^(ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

Nas Figuras 19, 20 e 21, é possível observar o comportamento das variáveis MF, NF e PROD da cultura da abobrinha, respectivamente, em função da lâmina de irrigação. Para as três variáveis, o modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado, apresentando coeficientes de determinação (R^2) de 0,94; 0,92 e 0,94, respectivamente. Com os modelos encontrados estimaram-se os máximos valores para as variáveis, sendo de 684,69 g para a MF obtida com uma lâmina ótima de 618 mm, correspondente a 174% da ETo de Penman-Monteith. O NF máximo foi estimado em 2,30 frutos por planta e a produtividade máxima de 24.808 kg ha⁻¹ ambos referentes a uma lâmina de irrigação de 567 mm ou 159% da ETo de Penman-Monteith.

Figura 19 – Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.

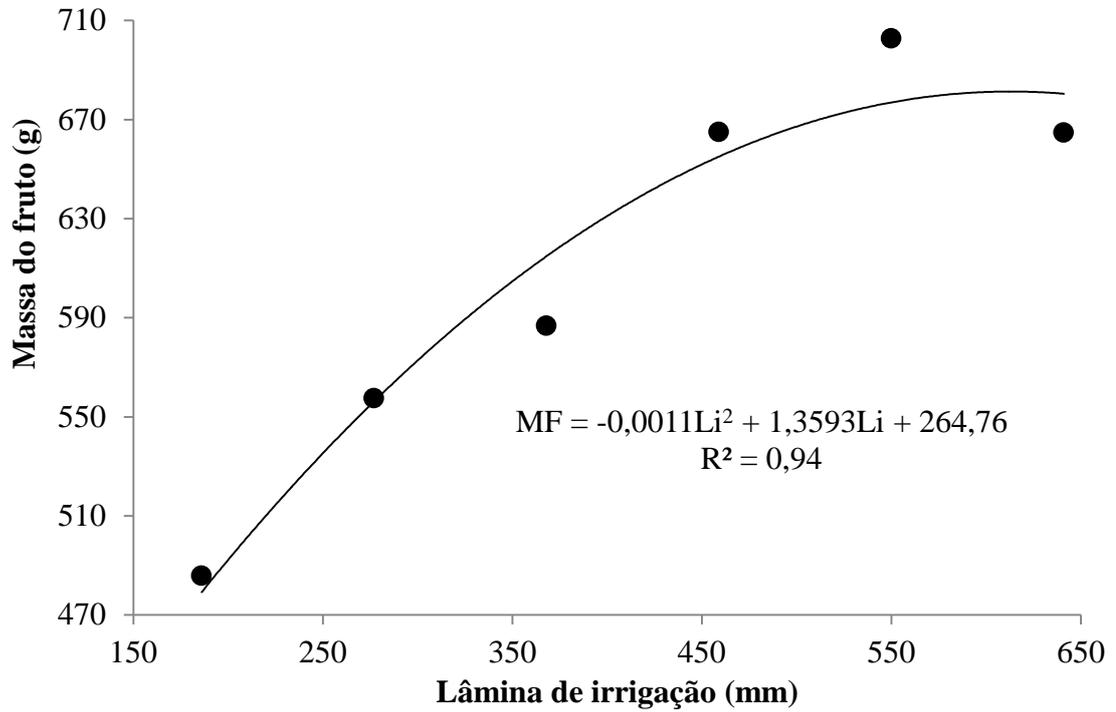


Figura 20 – Número de frutos (NF) de abobrinha em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.

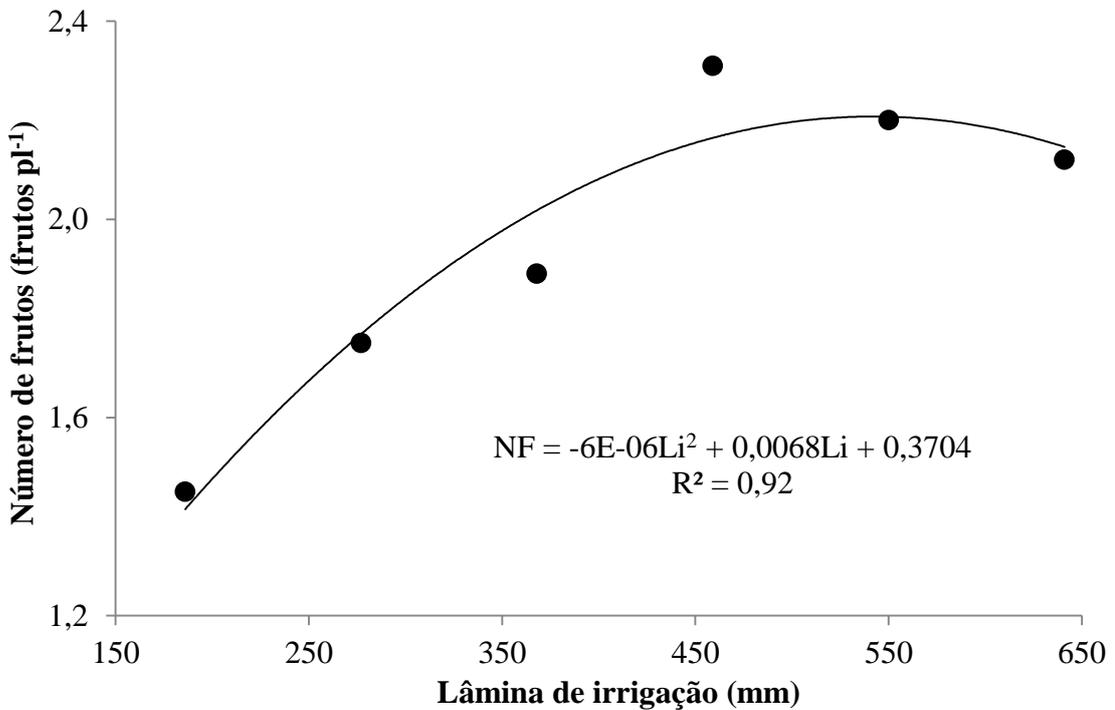
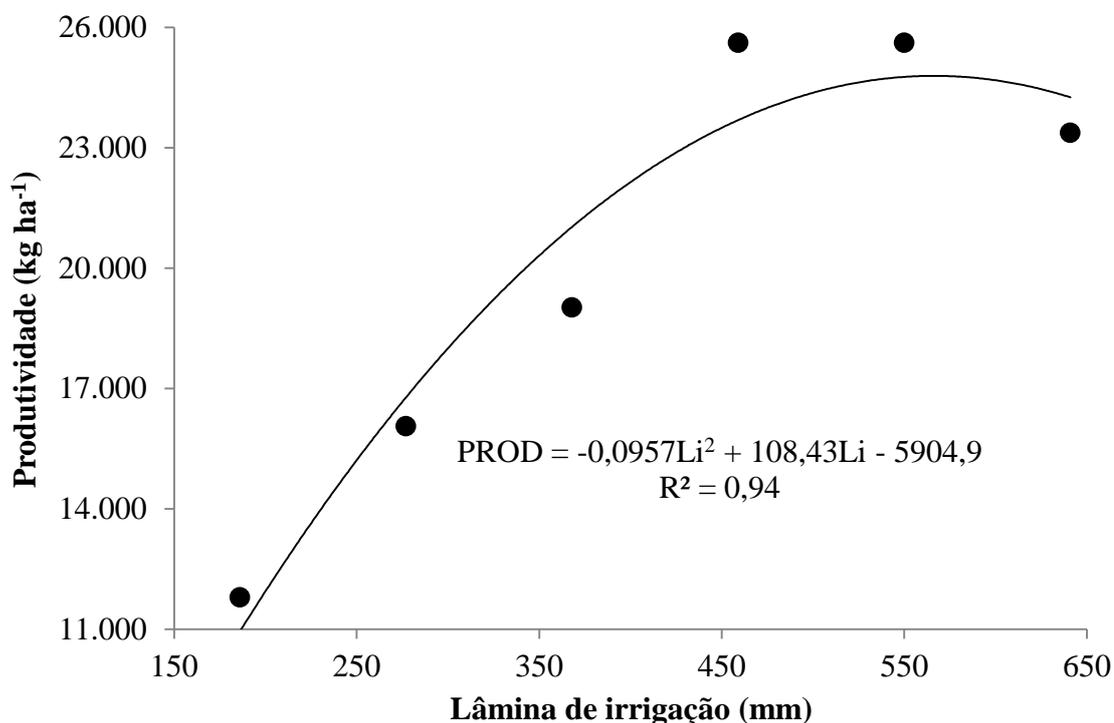


Figura 21 – Produtividade (PROD) de abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.



Resultados semelhantes aos encontrados nessa pesquisa foram observados por Andrade Júnior *et al.* (1997), cultivando a cultura da melancia sob diferentes níveis de irrigação. Os autores obtiveram curva polinomial quadrática, com acréscimo na produtividade em resposta ao aumento das lâminas de irrigação até atingir o máximo de 65.400 kg ha⁻¹ com um nível de irrigação estimado em 74% da evaporação de água em um tanque Classe “A”. Silva *et al.* (2011b) também obtiveram resposta quadrática, ao testarem diferentes lâminas de irrigação na cultura da cenoura, estimando uma produtividade máxima de 67.400 kg ha⁻¹ para uma lâmina de 180% da evaporação do tanque Classe “A”. Para o amendoim, Sousa *et al.* (2014) encontraram resposta quadrática com a lâmina de irrigação correspondente a 123% da EToPM proporcionando a maior produtividade estimada (1.739 kg ha⁻¹).

Diferente desses resultados, Teodoro *et al.* (2004) encontraram resposta linear para a produtividade da cultura da melancia em função do nível de irrigação, alcançando valor máximo de 44.960 kg ha⁻¹ para o maior nível analisado de 120% da evaporação do tanque Classe “A”. Ainda com cucurbitaceae, Sousa *et al.* (2010) observaram que a produtividade de frutos de melão aumentou de forma linear com a lâmina de água aplicada, tendo sido maximizada (34.800 kg ha⁻¹), para a lâmina de 795 mm (150 % da evaporação no tanque Classe “A”). Para a cultura do girassol, Silva *et al.* (2011a) obtiveram resposta linear crescente para a produtividade de duas cultivares em Pentecoste, Ceará. Os autores estimaram

os maiores rendimentos em 4.223 e 3.948 kg ha⁻¹ com a maior lâmina aplicada (533,70 mm - 150% da ECA), para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente.

Analisando a resposta da pimenteira para lâminas de irrigação, em Pentecoste, Ceará, Azevedo *et al.* (2005) observaram comportamento crescente para o peso médio do fruto com tendência raiz-quadrática positiva. Já, para a produtividade o comportamento foi crescente com tendência linear positiva, atingindo uma produção de 18.900 kg ha⁻¹ para a lâmina de irrigação de 120% da evaporação de água no do tanque Classe “A”.

O comportamento observado no presente estudo, onde se obteve baixas produtividades com as menores lâminas de irrigação e aumento da produtividade até a lâmina ótima seguido de um pequeno decréscimo para a maior lâmina, pode ser explicado pela afirmativa de Viana *et al.* (2012) de que uma lâmina de água subdimensionada pode provocar estresse hídrico, reduzindo sensivelmente e até mesmo inviabilizando a produção vegetal, principalmente em regiões de clima árido ou semiárido, onde a falta de água limita a atividade agrícola. Por outro lado, o excesso de água diminui a aeração, afetando a absorção de nutrientes, facilitando o aparecimento de doenças, além de possibilitar a lixiviação dos nutrientes. Sousa *et al.* (2010) afirmam que é prática comum entres os produtores do Ceará a aplicação de água em excesso, esperando que, com maior oferta hídrica, as plantas aumentem a produtividade; entretanto, o que acarreta são os incrementos nos custos de produção, lavagem de nutrientes para fora do alcance da zona radicular das plantas e maior risco de doenças.

6.2 Experimento II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio

Na Tabela 8, estão dispostos os valores de quadrados médios da análise de variância para a massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) da abobrinha Corona F1 em função de doses e forma de aplicação de nitrogênio, convencional ou fertirrigação.

As doses de nitrogênio influenciaram significativamente a massa do fruto a 1% ($P < 0,01$) e o diâmetro do fruto e a produtividade a 5% ($P < 0,05$), não exercendo influência sobre as demais variáveis: NF; CF; EP e SS. Observou-se ainda que, para todas as variáveis, não houve efeito significativo para os métodos de adubação nitrogenada. Com relação à interação entre as doses e as formas de aplicação de N, apenas a MF sofreu influência significativa ao nível de 1% ($P < 0,01$).

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) de abobrinha em função da dose e da forma de aplicação de nitrogênio, Fortaleza, Ceará, 2013

FV	GL	Quadrado médio						
		MF	NF	CF	DF	EP	SS	PROD
Métodos (M)	1	87 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}	270.237 ^{ns}
Doses (D)	3	51.542 ^{**}	0,16 ^{ns}	9,44 ^{ns}	92,69 [*]	7,39 ^{ns}	0,22 ^{ns}	112.598.552 [*]
M x D	3	65 ^{**}	0,17 ^{ns}	2,69 ^{ns}	7,21 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,03 ^{ns}	12.844.152 ^{ns}
Blocos	3	58.120 ^{**}	1,22 ^{**}	1,64 ^{ns}	72,02 ^{ns}	6,54 ^{ns}	0,01 ^{ns}	299.653.084 ^{**}
Resíduo	21	6.806	0,12	3,20	26,16	3,03	0,08	24.214.679
Total	31	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	13,73	16,22	8,11	7,02	12,27	9,39	21,99

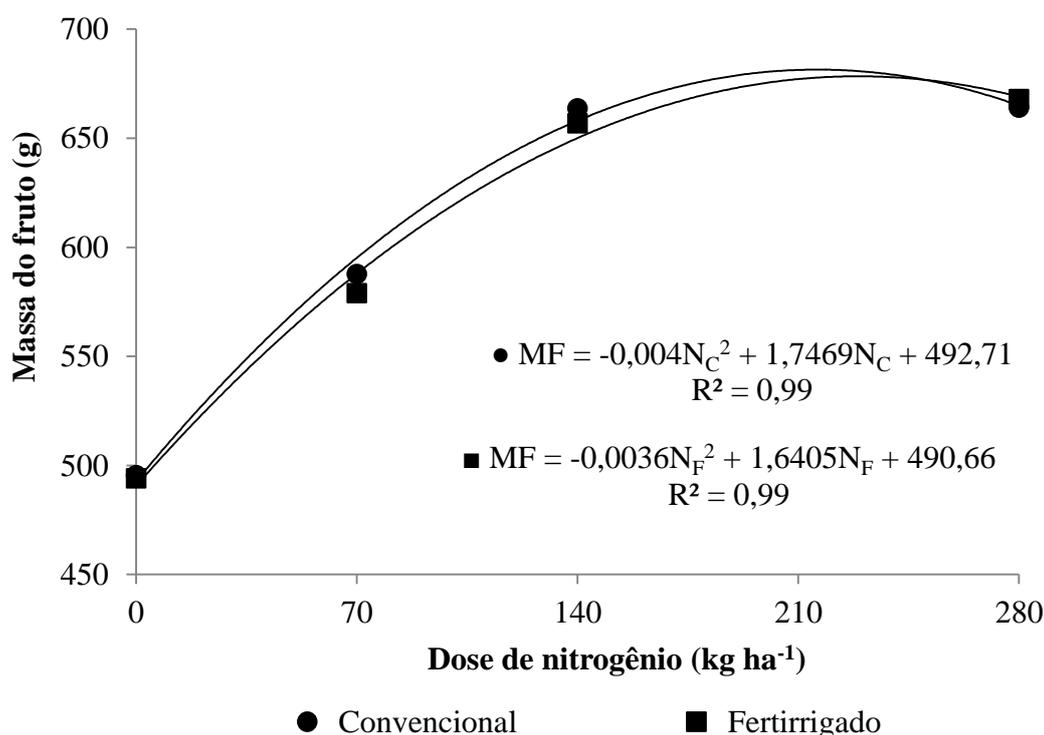
** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; ^(ns) não significativo pelo teste F.
FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

Em concordância com esses resultados, Nascimento *et al.* (2012), em trabalho testando diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio em melão, não observaram efeito significativo para as variáveis diâmetros polar e equatorial dos frutos. Também em melão, Coelho *et al.* (2003) não observaram influência da aplicação de nitrogênio no teor de sólidos solúveis do fruto. Para o pepino africano, Antunes *et al.* (2014) não observaram efeito significativo das doses de N testadas nas características comprimento do fruto e sólidos solúveis.

Na Figura 22 observa-se o comportamento massa do fruto de abobrinha Corona F1, em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas convencionalmente e via

fertirrigação. Para as duas formas de aplicação do adubo, o modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado, com R^2 igual a 0,99 para ambos os casos. Com os modelos encontrados, estimaram-se os máximos valores para as variáveis, obtendo-se 683,44 g para uma dose ótima de 218,36 kg ha⁻¹ de N e 677,55 g para a dose de 227,85 kg ha⁻¹, respectivamente para a adubação convencional e para a fertirrigação.

Figura 22 – Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da dose de nitrogênio aplicada pelo método convencional (N_C) e por fertirrigação (N_F), Fortaleza, Ceará, 2013.



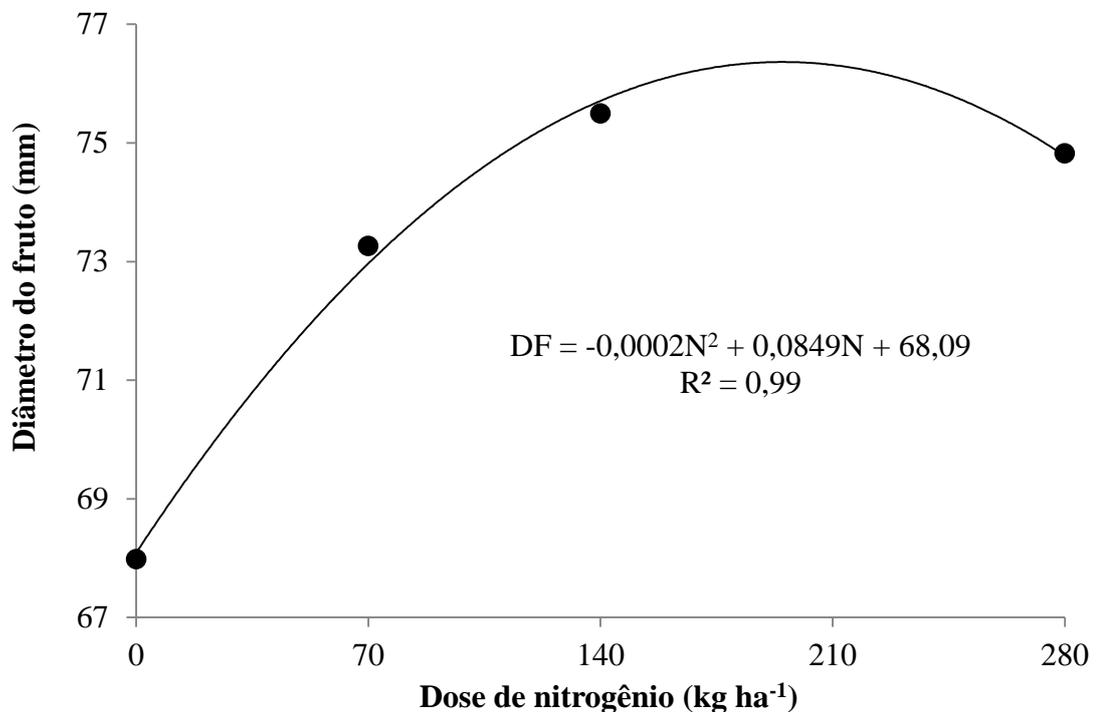
Os valores máximos para a MF de abobrinha foram superiores aos encontrados por Araújo (2011b), que foram de 258,81 g para o cultivo realizado no outono e de 330,09 g para cultivo de primavera. No entanto, estão abaixo daqueles encontrados por Rech, Franke e Barros (2006), que variaram de 1.330 a 1.590 g, ao analisarem o efeito da adubação orgânica e mineral nos componentes do rendimento e produção de sementes de abobrinha.

A resposta encontrada nesse estudo é diferente daquela observada por Gonçalves (2008), que obteve resposta linear para a MF de abobrinha italiana com o aumento da dose de N, quando obteve resposta até a dose mais alta de N, 200 kg ha⁻¹. Em estudo com a cultura do melão amarelo, Nascimento *et al.* (2012) também obtiveram resposta linear para a massa fresca dos frutos em função do aumento da adubação nitrogenada, obtendo o maior valor para uma dose de 240 kg ha⁻¹ de N.

Apesar de ter sido observada a ocorrência de interação entre os métodos de adubação e as doses de nitrogênio, as respostas da variável MF em relação às doses de N foram semelhantes nos dois métodos utilizados (convencional e fertirrigação), apresentando valores semelhantes de dose ótima e valor máximo estimado para MF. Essa resposta corrobora com Teixeira, Natale e Martins (2007), quando afirmaram que alguns autores têm demonstrado que, dependendo do tipo de nutriente e da espécie agrônômica estudada, nem sempre há diferença significativa entre a nutrição convencional e a fertirrigação.

Os comportamentos do diâmetro do fruto e da produtividade, em função da dose de nitrogênio aplicada, estão representados nas Figuras 23 e 24, respectivamente. Para o DF, o modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado, com R^2 igual a 0,99. Com o modelo encontrado, estimou-se o máximo valor para o DF (77,10 mm), que seria obtido com de 212,25 kg ha^{-1} de N. Já, para a PROD, o melhor modelo foi o linear crescente com R^2 igual a 0,94, com a maior PROD (27.302 kg ha^{-1}) tendo sido obtida com a maior dose testada (280 kg ha^{-1} de N).

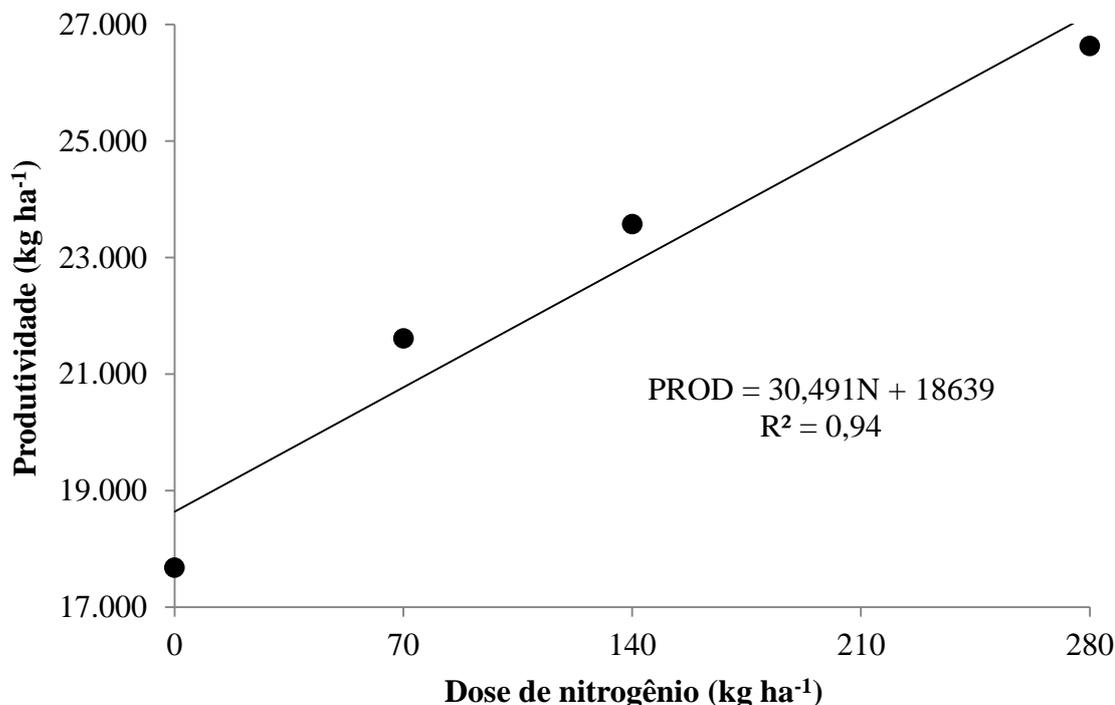
Figura 23 – Diâmetro do fruto (DF) de abobrinha em função da dose de nitrogênio (N), Fortaleza, Ceará, 2013.



Gonçalves (2008), trabalhando com a cultura da abobrinha submetida a doses de adubação nitrogenada e fosfatada, obteve o valor de 6,17 cm para o DF, abaixo do observado

nessa pesquisa. Com relação ao comportamento da variável, o mesmo autor obteve resultado semelhante com resposta quadrática ao aumento da dose de N, a partir de 50 kg ha⁻¹.

Figura 24 – Produtividade (PROD) de abobrinha em função da dose de nitrogênio (N), Fortaleza, Ceará, 2013.



Para a cultura do melão, planta da mesma família da abobrinha, Coelho *et al.* (2003) também observaram resposta significativa para o diâmetro do fruto em função da dose de nitrogênio, quando os autores obtiveram valor máximo para o DF com a maior dose estudada. No entanto, Nascimento *et al.* (2012), também em experimento com a cultura do melão, não observaram influência significativa de doses de nitrogênio, aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação, para os diâmetros polar e equatorial dos frutos.

A resposta linear observada para a produtividade da cultura da abobrinha difere daquela obtida por Pôrto *et al.* (2012), que ao analisarem a produtividade e o acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada, testando cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹), obtiveram resposta polinomial quadrática. A produtividade máxima estimada nesta pesquisa (27.302 kg ha⁻¹) foi pouco menor que a obtida pelos autores citados (29.878 kg ha⁻¹), entretanto ela foi obtida com uma dose ótima estimada (331 kg ha⁻¹ de N) superior a desta pesquisa (280 kg ha⁻¹ de N.). Em relação às diferentes respostas de cucurbitáceas à adubação nitrogenada, Antunes *et al.* (2014) afirmam que elas apresentam muita variação, em função da espécie, do cultivar e do ambiente de cultivo. Nesse caso, no

entanto, tais diferenças podem ser explicadas pelo fato dos autores citados terem testado dose de N (400 kg ha^{-1}) superior a maior dose avaliada nesta pesquisa (280 kg ha^{-1}).

A produtividade máxima obtida ($27.302 \text{ kg ha}^{-1}$) foi maior que a encontrada por Gonçalves (2008), que, ao avaliar a influência dos fatores de produção nitrogênio e fósforo, obteve $13.767 \text{ kg ha}^{-1}$ para a combinação 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 100 kg ha^{-1} de N.

Ressalta-se que a dose de N que proporcionou a maior produtividade nesse estudo (280 kg ha^{-1}) está acima das recomendadas por Filgueira (2012) (140 kg ha^{-1}) e por Traini, Passos e Araújo (2014) (120 kg ha^{-1}), para a cultura da abobrinha. Se fossem utilizadas estas doses recomendadas, as produtividades nas condições desse trabalho seriam estimadas em $22.971 \text{ kg ha}^{-1}$ e $22.352 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Esses valores estão 16% e 18% abaixo da maior produtividade obtida ($27.302 \text{ kg ha}^{-1}$). Assim, os resultados sugerem ser possível alcançar maior produtividade de frutos na cultura da abobrinha com a aplicação de uma dose de N maior que a recomendada na literatura, permitindo melhor exploração do potencial produtivo da cultura.

Trabalhando com outra cucurbitácea, Araújo *et al.* (2011) também observaram influência estatística da dose de nitrogênio sobre a produtividade da cultura da melancia. No entanto, diferindo do observado nesse estudo, os autores obtiveram resposta polinomial quadrática calculando uma produtividade máxima de $40.428 \text{ kg ha}^{-1}$ com a aplicação de $144,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Também com a cultura da melancia, Morais *et al.* (2008) obtiveram comportamento polinomial quadrático para a produtividade em função da dose de N, quando estimaram o máximo rendimento ($67.278 \text{ kg ha}^{-1}$) com a aplicação de 267 kg ha^{-1} de N.

Para a cultura do pepino africano (*Cucumis metuliferus*), Antunes *et al.* (2014) obtiveram resposta polinomial quadrática com a dose de N de $154,44 \text{ kg ha}^{-1}$ sendo responsável pela maior produtividade física, com a qual se obteve 2,18 frutos por planta. Em experimento com abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, Pôrto (2011) obteve também resposta polinomial quadrática, sendo a máxima produtividade de frutos estimada em $17.165 \text{ kg ha}^{-1}$, que seria alcançada com a dose de 260 kg ha^{-1} de N.

Queiroga *et al.* (2007), em experimento com a cultura do melão, obtiveram resposta do tipo quadrática para a produtividade comercial de frutos em função da dose de N. A máxima produtividade estimada foi de $43,73 \text{ t ha}^{-1}$, referente a dose de N de $309,7 \text{ kg ha}^{-1}$. Também para o melão, Fontes *et al.* (2004) observaram comportamento polinomial quadrático para a produtividade em função da dose de N, com uma dose ótima de 393 kg ha^{-1} , que proporcionaria uma produtividade máxima de $54.600 \text{ kg ha}^{-1}$.

6.3 Experimentos III: Doses e formas de aplicação de potássio

Na Tabela 9 estão dispostos os valores dos quadrados médios obtidos com a análise de variância para: a massa do fruto (MF), o número de frutos (NF), o comprimento do fruto (CF), o diâmetro do fruto (DF), a espessura da polpa (EP), os sólidos solúveis (SS) e a produtividade (PROD) da abobrinha Corona F1 em função da dose e da forma de aplicação de potássio (método convencional ou fertirrigação).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância para massa do fruto (MF), número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa (EP), sólidos solúveis (SS) e produtividade (PROD) de abobrinha em função da dose e da forma de aplicação de potássio, Fortaleza, Ceará, 2013

FV	GL	Quadrado médio						
		MF	NF	CF	DF	EP	SS	PROD
Métodos (M)	1	27.632 ^{ns}	0,32 ^{ns}	7,58 ^{ns}	80,31 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3.952.315 ^{ns}
Doses (D)	3	120.472 ^{**}	0,31 ^{ns}	7,36 ^{ns}	129,42 [*]	14,26 [*]	0,08 ^{ns}	345.773.901 ^{**}
M x D	3	5.684 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,09 ^{ns}	19,46 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,007 ^{ns}	7.781.600 ^{ns}
Blocos	3	43.258 ^{**}	0,42 ^{ns}	8,83 ^{ns}	120,11 [*]	14,14 [*]	0,05 ^{ns}	253.096.491 ^{**}
Resíduo	21	8.618	0,14	3,21	28,45	2,94	0,08	26.167.827
Total	31	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	12,49	16,94	7,54	7,02	12,27	8,62	18,02

** significativo a 1% pelo teste F; * significativo a 5% pelo teste F; ^(ns) não significativo pelo teste F.

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

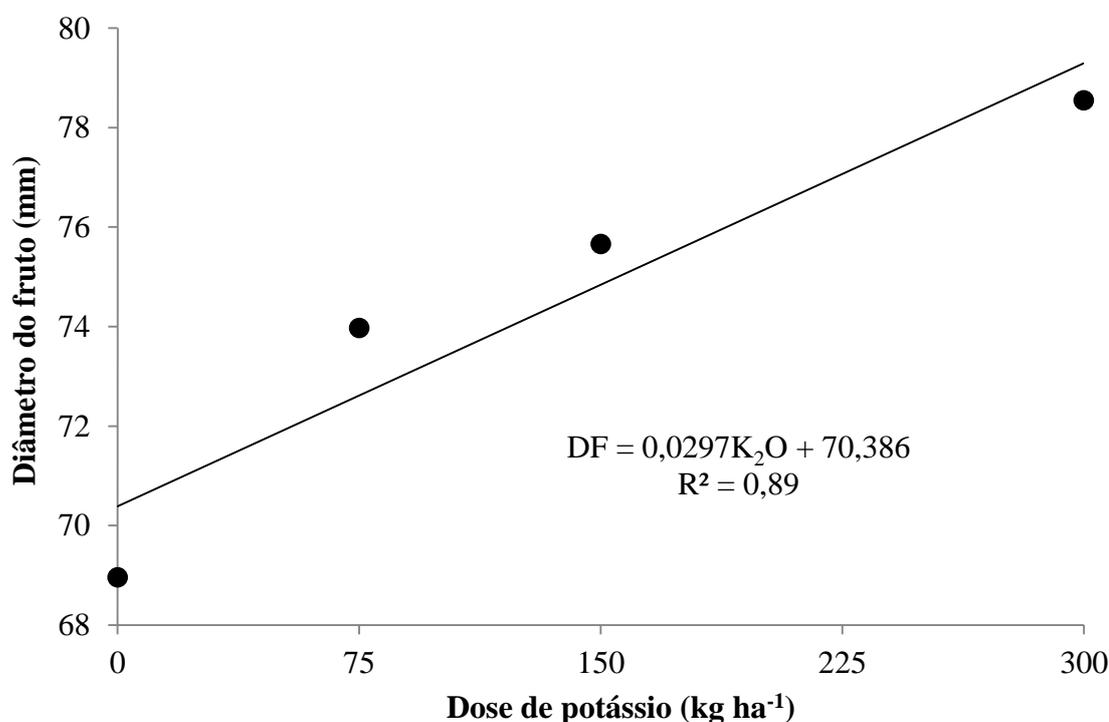
Analisando os dados apresentados na Tabela 9, pode-se destacar que não houve efeito significativo para os métodos de adubação em todas as variáveis estudadas. Entretanto, a dose de potássio influenciou significativamente a massa do fruto e a produtividade a 1% ($P < 0,01$) e o diâmetro do fruto e espessura da polpa a 5% ($P < 0,05$), e não exerceu influência sobre o comprimento do fruto, o número de frutos e os sólidos solúveis. Com relação à interação entre métodos de adubação e as doses de potássio, foi observado que ela não apresentou efeito significativo nas variáveis.

Semelhantemente ao observado nessa pesquisa, Araújo (2011b) não verificou influência da dose de potássio aplicado em cobertura na cultura da abobrinha para a variável: sólidos solúveis. Genuncio *et al.* (2010), em experimento com acultura do tomate observou que o suprimento de K_2O não modificou o pH, a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis dos frutos. Os mesmos autores afirmam ainda que os efeitos do suprimento de potássio em parâmetros sensoriais e da qualidade dos frutos podem variar em resposta a diferentes condições ambientais e a amplitude das doses de K_2O avaliadas. Araújo *et al.* (2012) também

não obtiveram efeito significativo da dose de potássio no comprimento do fruto e no número de frutos de abóbora (híbrido Mirian).

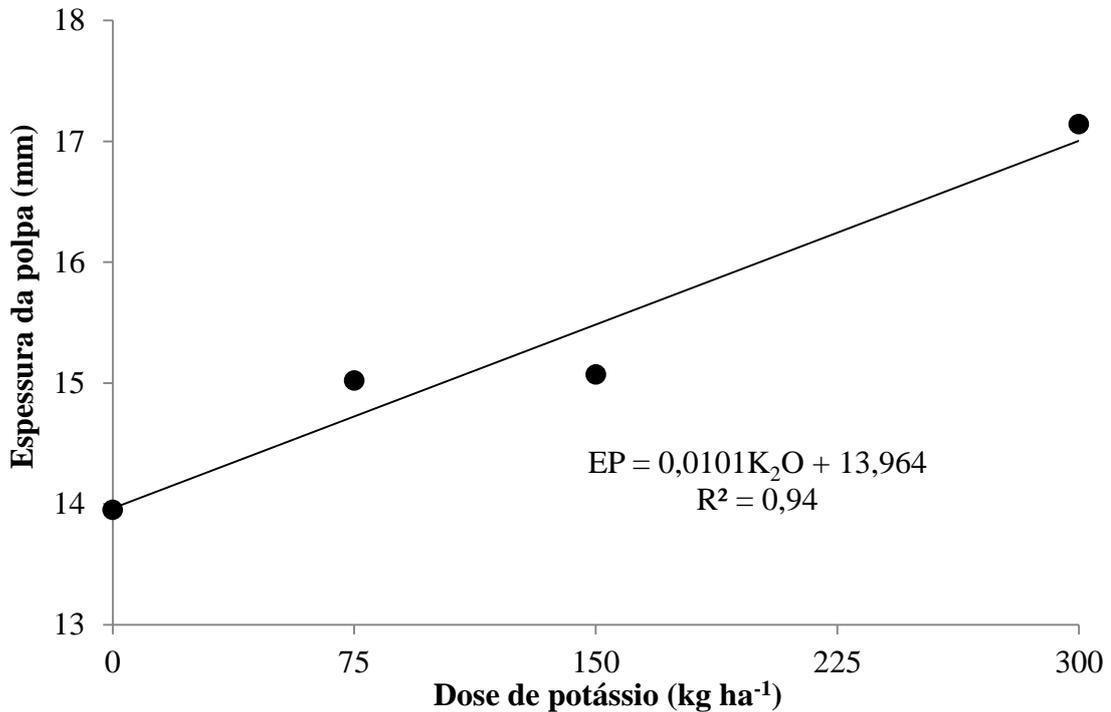
Nas Figuras 25 e 26, é possível observar o comportamento das variáveis: diâmetro do fruto e espessura da polpa da abobrinha Corona F1 em função da dose de potássio, respectivamente. Para as duas variáveis o modelo linear crescente apresentou-se como o mais adequado, apresentando coeficientes de determinação de 0,89 e 0,94, respectivamente. Com os modelos encontrados com as regressões, foi possível estimar os maiores valores para as variáveis analisadas, sendo de 79,30 mm para o DF e de 16,99 mm para a EP. Em ambos os casos, calculados com a maior dose de potássio estudada, 300 kg ha⁻¹.

Figura 25 – Diâmetro do fruto (DF) de abobrinha em função da dose de potássio (K₂O), Fortaleza, Ceará, 2013.



Diferente do observado nesse estudo, Albuquerque *et al.* (2014), estudando as características da videira sob doses de potássio fertirrigadas, observaram que a largura da baga, em função do nível de fertirrigação potássica, apresentou o ajuste polinomial quadrático como mais adequado. Com o modelo, foi possível estimar a dose de 277,78 kg ha⁻¹ de K₂O como a mais eficiente para as variáveis físicas, a qual proporcionou a maior largura da baga (2,22 cm de diâmetro).

Figura 26 – Espessura da polpa (EP) do fruto de abobrinha em função da dose de potássio (K_2O), Fortaleza, Ceará, 2013.



Com relação às variáveis: massa do fruto e produtividade da abobrinha, apresentadas nas Figuras 27 e 28, pode-se observar seus respectivos comportamentos em função da dose de potássio. Para a MF, o modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado para explicar o comportamento da variável, apresentando coeficiente de determinação de 0,98. Com esse modelo, estimou-se a máxima MF (865,03 g) que seria obtida com uma dose de potássio de 268,77 $kg\ ha^{-1}$. Já, a PROD apresentou comportamento linear crescente ($R^2 = 0,95$) em relação à dose de potássio aplicada. Com o modelo, estimou-se a máxima PROD (36.828 $kg\ ha^{-1}$), que seria obtida com a maior dose de potássio avaliada (300 $kg\ ha^{-1}$).

Semelhantemente a esses resultados, Araújo *et al.* (2012), em trabalho com a cultura da abóbora, observaram que a massa do fruto por planta ajustou-se a um modelo quadrático de regressão, com valor máximo de 9.681 g por planta, que seria obtido com uma dose estimada em 199 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Por outro lado, os resultados apresentados por Genuncio *et al.* (2010), cultivando tomate em ambiente protegido aplicando potássio por fertirrigação, registraram efeito significativo (modelo linear) sob a massa do fruto.

Figura 27 – Massa do fruto (MF) de abobrinha em função da dose de potássio (K_2O), Fortaleza, Ceará, 2013.

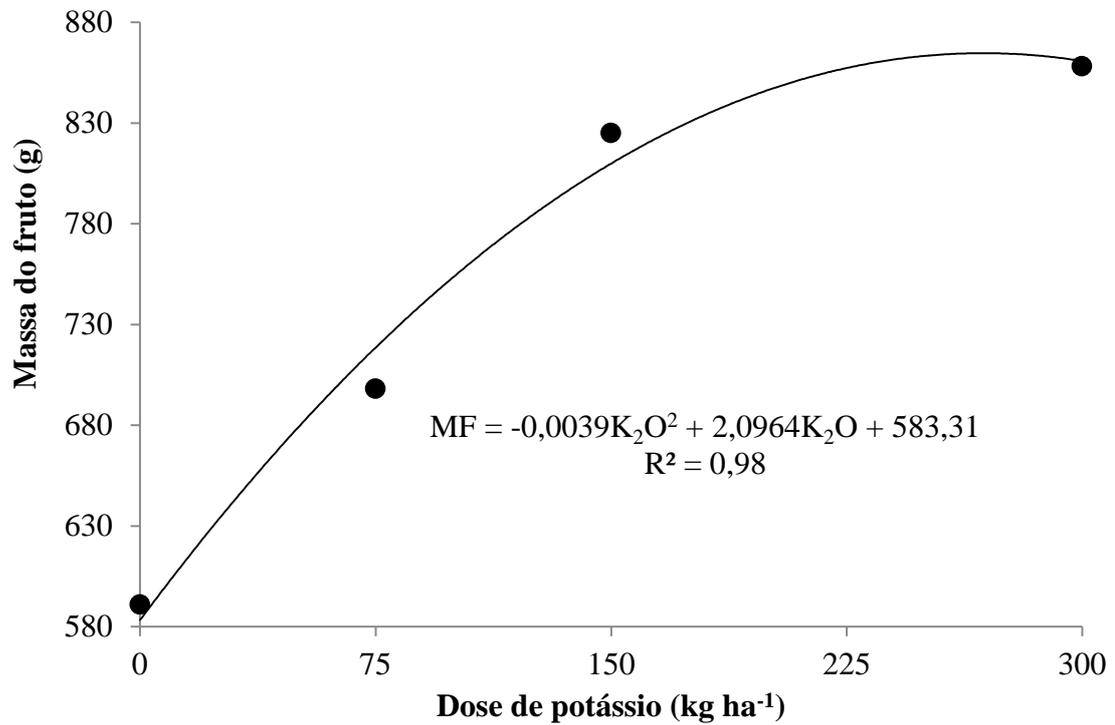
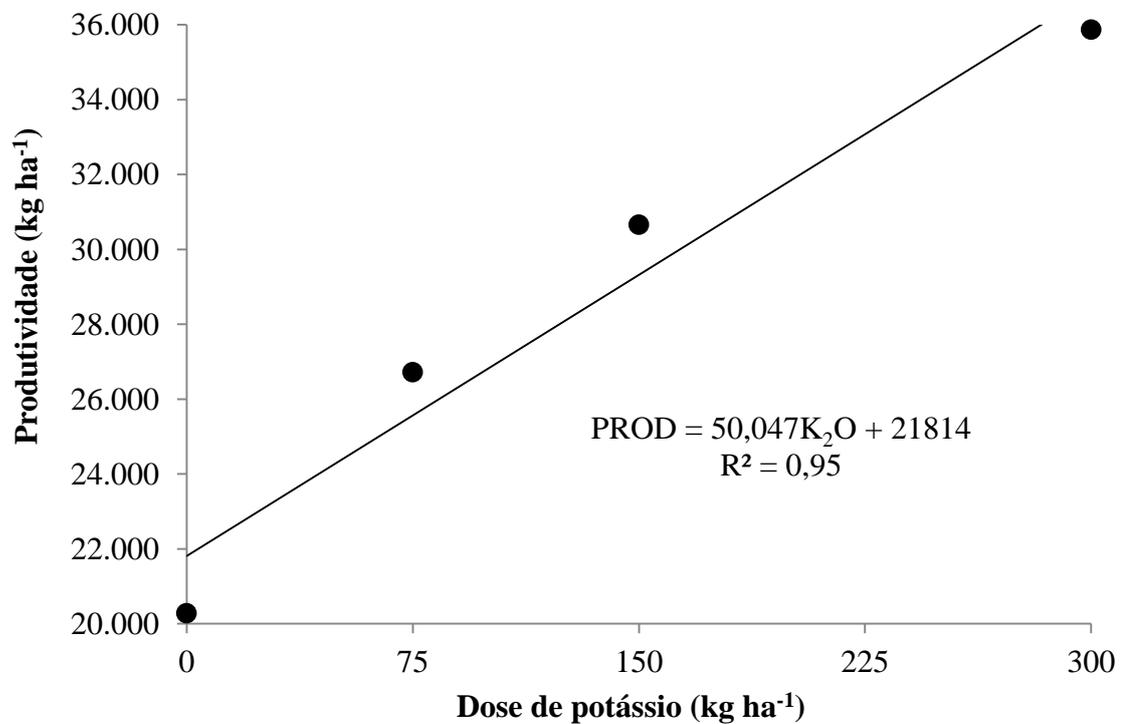


Figura 28 – Produtividade (PROD) de abobrinha em função da dose de potássio (K_2O), Fortaleza, Ceará, 2013.



Diferentemente desse estudo, Granjeiro e Cecílio Filho (2006) observaram que a produtividade de melancia sem sementes em função da dose de potássio apresentou comportamento quadrático. A PROD máxima foi estimada em 20.400 kg ha⁻¹, com uma dose de 183 kg ha⁻¹ de K₂O. Já, para o melão, em experimento realizado por Kano (2002), a dose de K₂O influenciou a produção de frutos, ajustada ao modelo quadrático. A maior PROD estimada foi de 1,8 kg planta⁻¹ ou 61.600 kg ha⁻¹, com a dose de 300 kg ha⁻¹ de K₂O.

Albuquerque *et al.* (2014), estudando o comportamento da videira em função da dose de potássio fertirrigada, observaram que a massa dos cachos ajustou-se melhor ao modelo polinomial quadrático, com um valor máximo estimado em 219,34 g, obtida com a aplicação de 246,71 kg ha⁻¹ de K₂O.

Sousa *et al.* (2013), testando métodos de aplicação (convencional e fertirrigação) e doses de potássio na cultura do amendoim, obtiveram interação significativa entre os fatores, com resposta polinomial quadrática para a produtividade em função da dose de K₂O, para as duas formas de aplicação. A dose de potássio fertirrigada que maximizou a produtividade (1.530 kg ha⁻¹) foi estimada em 69,39 kg ha⁻¹ de K₂O. Já, para a adubação convencional a dose estimada em 65,80 kg de K₂O maximizaria a produtividade (1.092 kg ha⁻¹).

De acordo com Araújo *et al.* (2012), as hortaliças são exigentes em potássio, que é macronutriente mais extraído para a maioria delas. Araújo (2011b) verificou que o potássio foi o nutriente extraído em maior quantidade pela parte aérea (parte vegetativa + fruto) pela cultura da abobrinha de moita, nos cultivos de outono ou primavera. Vidigal, Pacheco e Facion (2007) observaram que o potássio foi o nutriente absorvido em maior quantidade pela abóbora híbrida Tetsukabuto, seguido de N e Ca. Também para abóbora, Silva *et al.* (2013) verificaram o mesmo comportamento. O mesmo fato ocorreu com outras cucurbitáceas, como: melão (LIMA, 2001), pepino (SOLIS *et al.* 1982), abobrinha (ARAÚJO, 2011), abóbora (ARAÚJO *et al.*, 2012) e melancia (GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2004; GRANGEIRO; CECÍLIO FILHO, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2014).

O potássio é vital para a fotossíntese, e, em situações de deficiência, provoca redução da taxa fotossintética e aumento na respiração, resultando na diminuição do acúmulo de carboidratos (NOVAIS *et al.* 2007). No entanto, os principais efeitos do potássio na planta estão relacionados com a permeabilidade das membranas das células vegetais e com a abertura e fechamento dos estômatos. Sendo assim, quando existe falta deste elemento na planta, os estômatos não se abrem regularmente, ocasionando menor entrada de gás carbônico e, portanto, menor intensidade fotossintética (MALAVOLTA, 1980; TAIZ; ZEIGER, 2009).

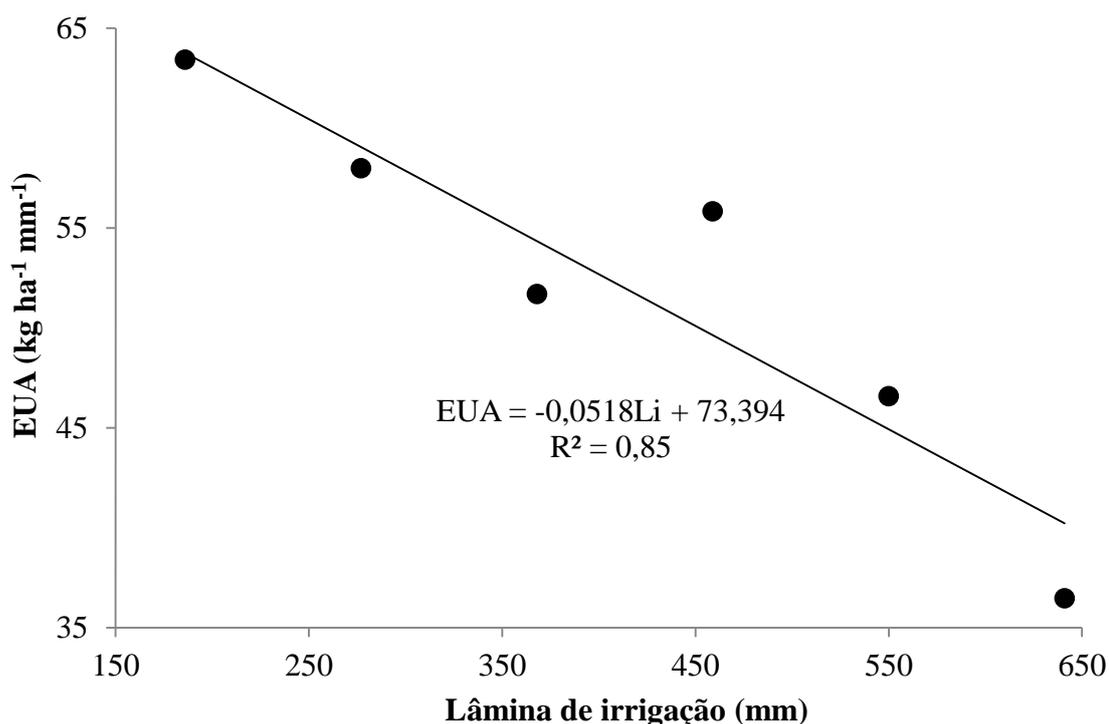
Tais afirmações podem explicar as menores produtividades observadas nos tratamentos com os menores níveis de potássio.

As elevadas produtividades observadas para a cultura em todos os experimentos quando comparada a outros valores encontrados na literatura e até mesmo aquela apontada por Filgueira (2012) como a esperada para a dose de adubação recomendada, pode ser elucidada pelo fato de nos experimentos do presente trabalho ter-se utilizado sementes de um híbrido (Corona F1), que apresenta resistência as principais viroses da cultura: ZYMV, WMV e PRSV o que leva a obtenção de elevadas produtividades mesmo em áreas infestadas pelas viroses. Outro ponto que contribuiu para tal produtividade é o fato da região Nordeste apresentar alta disponibilidade de radiação solar, que, por sua vez, intervém no crescimento e desenvolvimento da planta e no regime térmico, sendo fundamental à produção de biomassa (GOUVÊA, 2008). Para a abobrinha italiana, Strassburger *et al.* (2011) concluíram que a disponibilidade de radiação solar do período de cultivo afeta fortemente a produção e a distribuição de matéria seca, bem como todos os índices de crescimento da cultura. Os autores ainda afirmam que, na condição de alta disponibilidade de radiação solar, os frutos da abobrinha italiana caracterizam-se como os maiores drenos de fotoassimilados, representando cerca de 52% da matéria seca das plantas.

6.4 Eficiências do uso da água, do nitrogênio e do potássio

Na Figura 29, observa-se o comportamento da eficiência do uso da água (EUA) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha. Constatou-se que o modelo linear decrescente foi o mais adequado para expressar as respostas obtidas.

Figura 29 – Eficiência do uso da água (EUA) da cultura da abobrinha em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza, Ceará, 2013.



Na Tabela 10, pode-se observar a eficiência do uso da água estimada com o modelo obtido com a regressão, a lâmina de irrigação aplicada, assim como sua variação percentual em relação ao menor valor.

Tabela 10 – Eficiência do uso da água (EUA) estimada na cultura da abobrinha em função da lâmina de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	Lâmina de irrigação (mm)	Produtividade estimada (kg ha ⁻¹)	EUA estimada (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Varição percentual (%)
30% ETo	186	10.952	64	58,9
60% ETo	277	16.787	59	47,1
90% ETo	368	21.037	54	35,4
120% ETo	459	23.702	50	23,6
150% ETo	551	24.782	45	11,7
180% ETo	642	24.277	40	-

A maior estimativa para a EUA foi de $64 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, referente à menor lâmina (Li) de água aplicada de 186 mm. Enquanto, a maior Li (642 mm) proporcionaria uma EUA de $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. A Li (567 mm) que assegurou a máxima produtividade física da cultura ($24.808 \text{ kg ha}^{-1}$) foi responsável por uma EUA de $44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Assim, confrontando a EUA obtida com a menor Li com aquela referente à maior Li, constatou-se que houve um aumento da ordem de 58,9% da menor Li em relação à maior. E, o aumento na EUA foi de 44,8%, quando se comparou com a menor Li com a de produtividade ótima da cultura.

Avaliando a EUA na cultura da abóbora com sistema de irrigação localizada, Moreira (2010) observou uma máxima EUA de $18,7 \text{ kg m}^{-3}$ (187 kg mm^{-1}), correspondendo a uma lâmina de irrigação de 93,8 mm. Também para a cultura da abóbora, Santos (2011) encontrou máxima produtividade média da água de $22,3 \text{ kg m}^{-3}$ (223 kg mm^{-1}) com o sistema de irrigação por gotejamento, aplicando um total de $976,66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (97,6 mm). Já, em experimento com melancia, sob diferentes níveis de água, Melo *et al.* (2010) observaram uma máxima EUA de $19,6 \text{ kg m}^{-3}$ (196 kg mm^{-1}), ao aplicarem uma lâmina total de 266 mm.

Sousa *et al.* (2010), avaliando a cultura do melão em função da lâmina de irrigação e da adubação potássica, obtiveram resultado semelhante ao observado para a abobrinha, com redução da EUA em função do aumento da Li. O maior valor obtido foi de $74,65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, relativo à menor Li (265 mm), já a menor EUA foi de $43,75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, para a maior Li (795 mm), apresentando variação percentual de 61,20% entre elas, valor bem próximo aos encontrados neste trabalho. Morais *et al.* (2008) também encontraram resultado similar ao pesquisarem a resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. Os autores observaram que a EUA decresceu linearmente com o incremento da Li, sendo o maior valor médio da eficiência ($279,54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) obtido com uma Li de 205 mm.

Nas Figuras 30 e 31, estão expostos os comportamentos da eficiência de uso da água (EUA) em função das diferentes doses de nitrogênio e potássio, respectivamente. Observa-se que nas duas situações a EUA aumenta linearmente com o aumento da dose nutriente aplicada.

Pelos modelos encontrados com os estudos de regressão, estimou-se o maior valor para a EUA, para cada situação, obtendo-se uma EUA de $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para a maior dose de nitrogênio estudada (280 kg ha^{-1}) e uma EUA de $92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para a maior dose de potássio avaliada neste estudo (300 kg ha^{-1}).

Figura 30 – Eficiência do uso da água (EUA) na cultura da abobrinha em função da dose de N, Fortaleza, Ceará, 2013.

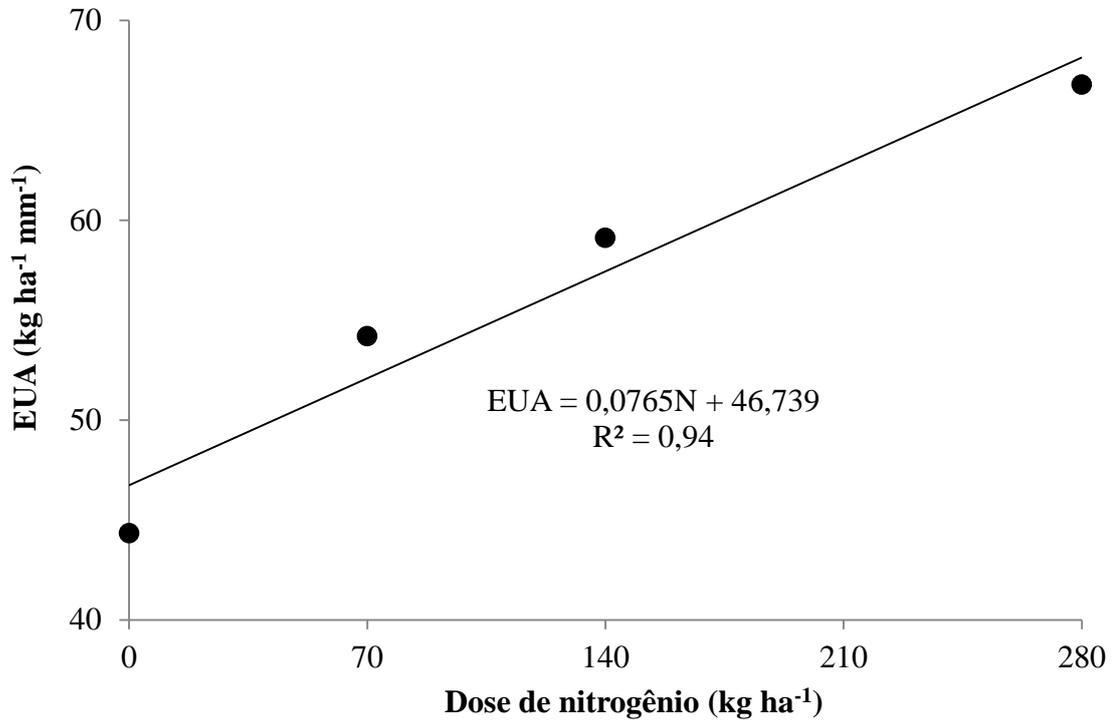
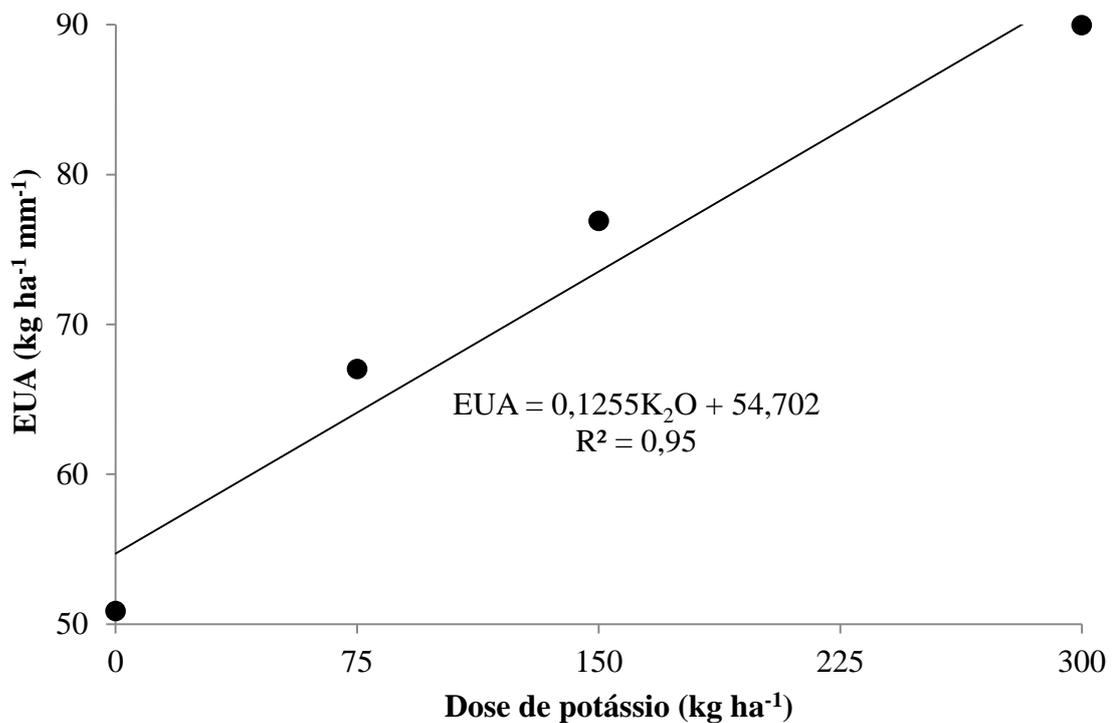


Figura 31 – Eficiência do uso da água (EUA) na cultura da abobrinha em função da dose de K₂O, Fortaleza, Ceará, 2013.



Analisando a EUA na cultura da melancia, em função da dose de potássio, Oliveira *et al.* (2012) obtiveram resposta distinta a esse estudo. Os autores observaram comportamento polinomial quadrático da EUA em relação às doses testadas. Também para melancia, Morais *et al.* (2008) obtiveram resposta quadrática para a EUA em função da dose de nitrogênio, com o maior valor para a EUA de $221 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para um nível de 249 kg ha^{-1} de nitrogênio. Para o meloeiro, Barros, Costa e Aguiar (2002) estimaram uma eficiência ótima econômica de uso de água de $137,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, correspondendo a uma adubação nitrogenada de $195,24 \text{ kg ha}^{-1}$.

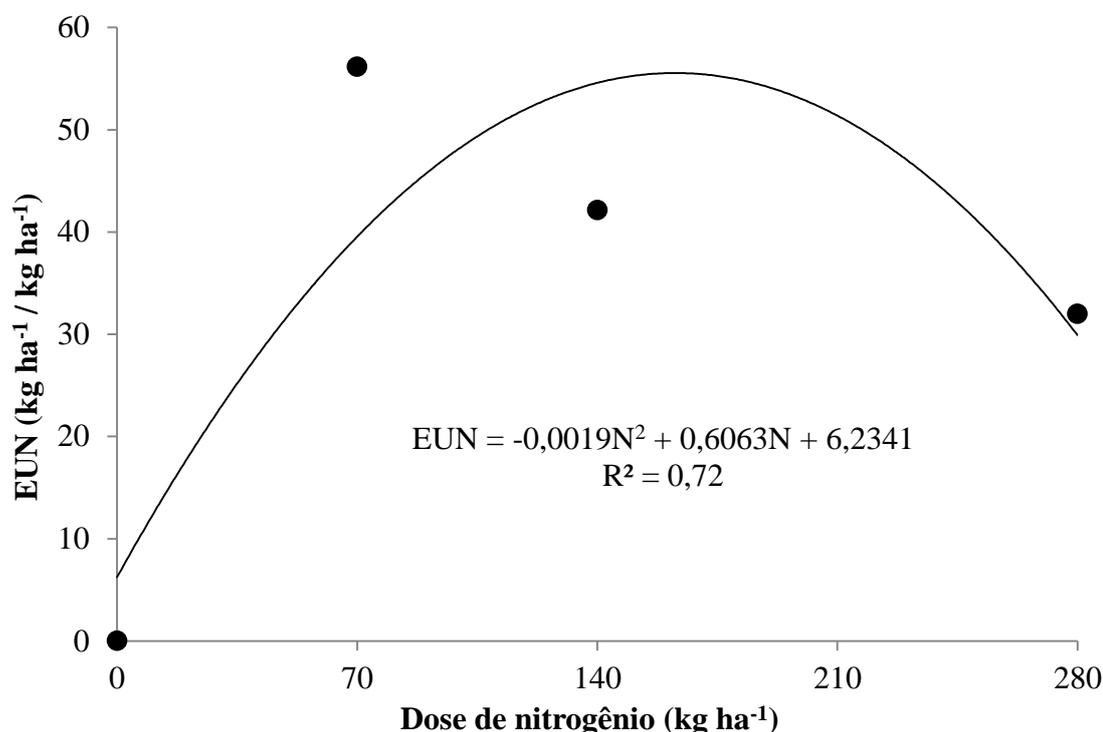
Sousa *et al.* (2005), analisando a EUA pelo maracujazeiro amarelo, registraram tendência de aumento da EUA com a aplicação de maiores doses de potássio. O maior valor encontrado pelos autores para a EUA foi de $34,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ L}^{-1}$, referente à maior dose de potássio ($0,9 \text{ kg de K}_2\text{O por planta}$).

Na Figura 32, é possível observar o comportamento da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) em função da dose de N aplicada na cultura da abobrinha. Constatou-se que o modelo polinomial quadrático foi o mais adequado para expressar o comportamento dos dados alcançados no presente ensaio. Com o modelo polinomial obtido com a análise de regressão, estimou-se a dose de $159,55 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, como a responsável pela máxima EUN ($54,60 \text{ kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$), ou seja, $54,60 \text{ kg ha}^{-1}$ de frutos de abobrinha para cada kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado. A maior dose de N aplicada (280 kg ha^{-1}) proporcionou uma EUN de $27,04 \text{ kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$, aproximadamente a metade ($49,52\%$) do maior valor de EUN estimado.

Aplicando a dose ($159,55 \text{ kg ha}^{-1}$) responsável pela máxima EUN no modelo encontrado na Figura 24, observa-se que esta dose proporcionaria uma produtividade de $23.576 \text{ kg ha}^{-1}$. Por outro lado, para a dose de 280 kg ha^{-1} de N, que proporcionou a menor EUN, a produtividade corresponde a $27.302 \text{ kg ha}^{-1}$. Analisando esses valores, pode-se constatar que, a partir do ponto de máxima EUN, um aumento de $75,5\%$ na dose de nitrogênio elevou a produtividade em apenas $15,8\%$, ou seja, é necessário um incremento de $4,78\%$ na dose de nitrogênio para elevar em 1% a produtividade, sendo essa proporção responsável pela queda na EUN que foi da ordem de $50,48\%$ quando se comparam as duas doses citadas.

O comportamento apresentado pela EUN é similar a afirmativa de Majerowicz *et al.* (2002), quando os autores afirmaram que existem diversos caminhos possíveis para aumentar a EUN, sendo um dos mais simples a diminuição da dose de adubo nitrogenado até níveis que sejam produtivos e seguros.

Figura 32 – Eficiência do uso do nitrogênio (EUN) na cultura da abobrinha em função da dose de N, Fortaleza, Ceará, 2013.



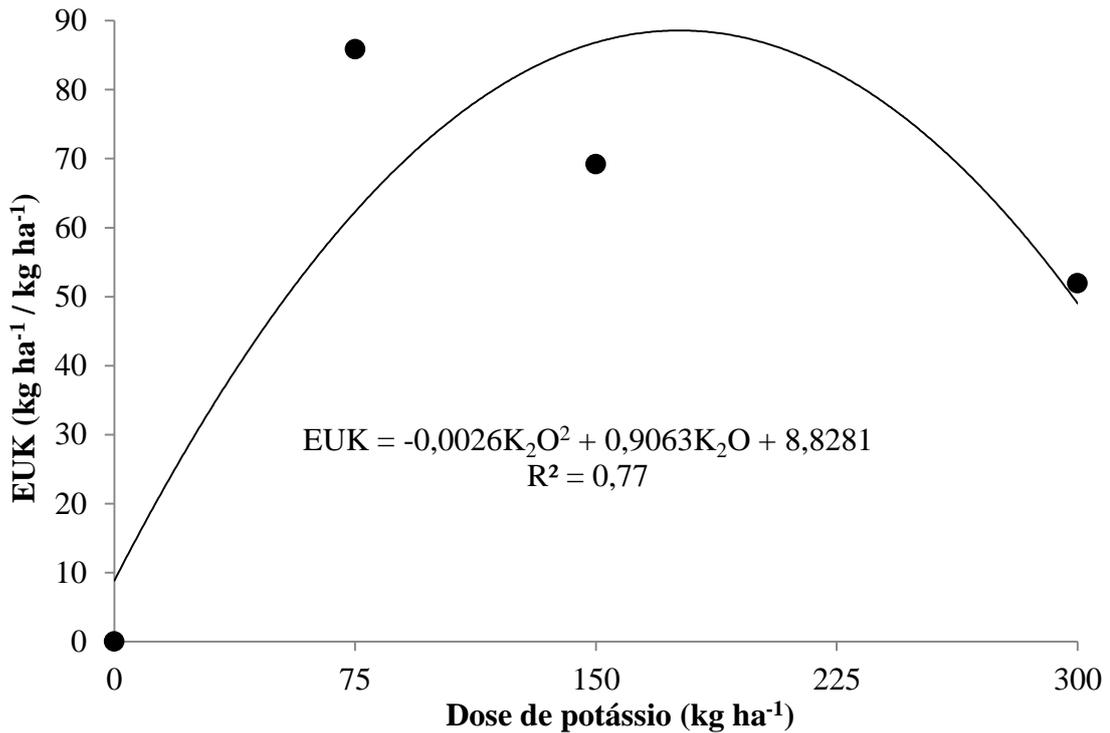
Trabalhando com a cultura do arroz, Fageria, Santos e Cutrim (2007) obtiveram média de EUN de 19 kg de grãos produzidos por quilograma de N aplicado. Os mesmos autores afirmam que a EUN varia de acordo com o genótipo da cultura.

Analisando o comportamento da eficiência de uso do potássio (EUK), em função da dose de K₂O aplicada na cultura da abobrinha, exposto na Figura 33, observa-se que a tendência dos dados foi semelhante aos observados para a EUN, sendo o modelo polinomial quadrático o mais adequado para explicar a relação entre a variável EUK e o fator estudado doses de K₂O. Com o modelo obtido, estimou-se a dose de 174,29 kg ha⁻¹ de K₂O como responsável pela máxima EUK (87,81 kg ha⁻¹ / kg ha⁻¹), ou seja, seriam produzidos 87,81 kg ha⁻¹ de frutos de abobrinha para cada kg ha⁻¹ de K₂O aplicado. Quando se analisa a maior dose de K₂O estudada (300 kg ha⁻¹), que foi responsável pela maior produtividade (36.828,10 kg ha⁻¹), obtém-se uma EUK de 46,72 kg ha⁻¹ / kg ha⁻¹, valor este correspondente a 53,2% do maior valor de EUK estimado.

Aplicando a dose (174,29 kg ha⁻¹) responsável pela máxima EUK no modelo encontrado na Figura 28, obtém-se para esta dose uma produtividade de 30.537 kg ha⁻¹, enquanto que a dose de 300 kg ha⁻¹ de K₂O, que apresentou a menor EUK, obtém-se uma produtividade de 36.828 kg ha⁻¹. Analisando esses valores, constata-se que, a partir do ponto

de máxima EUK, um aumento de 72% na dose de potássio, elevou a produtividade em apenas 21%, ou seja, é necessário um incremento de 3,5% na dose de potássio para elevar em 1% a produtividade, pode-se então afirmar que tal proporção é responsável pela queda na EUK que foi da ordem de 46,8% quando se comparam as duas doses citadas.

Figura 33 – Eficiência do uso do potássio (EUK) na cultura da abobrinha em função da dose de K_2O , Fortaleza, Ceará, 2013.



O uso adequado de nutrientes pelas plantas é fundamental para aumentar ou sustentar a produção agrícola (FAGERIA, 2000), assim os estudos de eficiência do uso de nutrientes pelas culturas agrícolas é de extrema importância, permitindo gerar conhecimentos que possam ser utilizados na prática pelos agricultores, como caso desse trabalho.

Resultados semelhantes aos desse estudo foram encontrados por Oliveira *et al.* (2012) para a cultura da melancia. Os autores obtiveram respostas quadráticas para a EUK, com valor máximo de $180,6\ kg\ ha^{-1}$ de melancia para cada $kg\ ha^{-1}$ de K_2O aplicado. Eles afirmam ainda que a partir do ponto de máxima da curva têm-se uma região denotada como não racional para aplicação do insumo.

6.5 Análise econômica

6.5.1 Lâminas de irrigação

Na Tabela 11, é possível verificar os resultados dos indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB) calculados para um período de fluxo de caixa de cinco anos, em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha.

Tabela 11 – Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB) em função da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	Lâmina de irrigação (mm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Indicadores		
			VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
30% ETo	186	10.952	-36.396,32	-22,03	-
60% ETo	277	16.787	1.309,90	6,98	4,65
90% ETo	368	21.037	28.760,99	27,21	3,84
120% ETo	459	23.702	45.956,92	39,64	3,46
150% ETo	550	24.782	52.897,72	44,61	3,33
180% ETo	641	24.277	49.583,38	42,24	3,39

Pelos valores expressos na Tabela 11, verifica-se que apenas o tratamento em que se irrigou 30% da ETo mostrou-se economicamente inviável, tendo o mesmo apresentado VPL (R\$ -36.396,32), que proporcionaria uma taxa interna de retorno, 22,03% negativo, que não seria atrativa ao investidor. Dessa forma, nesse tratamento o capital alocado no projeto deprecia, em média, -22,03% ao ano em todos os cinco anos do horizonte de análise do projeto, o que traria prejuízos ao investidor, inviabilizando o projeto, devendo, nesse caso, ser rejeitado.

Todos os demais tratamentos se mostraram viáveis economicamente com valores de VPL positivo, altas taxas de retorno (TIR) e curtos períodos de PB. Os melhores indicadores econômicos foram obtidos para o tratamento em que se irrigou 150% da ETo, com VPL de R\$ 52.897,72; TIR de 44,61% e PB de 3,33 anos, em menos de três anos e meio o produtor teria revertido o capital empregado.

Saraiva (2014), analisando os indicadores econômicos para o cultivo da melancia com horizonte de análise de seis anos, no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi, Ceará, em

função de combinações entre lâminas de irrigação e cobertura do solo, observou, em todas as situações, viabilidade econômica e elevados valores para VPL e TIR.

Dias, Morais e Rezende (2008), também investigando análise econômica (VPL e TIR), para a cultura da melancia irrigada, em um prazo de cinco anos, em Anápolis, Goiás, concluíram que o investimento é economicamente viável. Já, para o maracujazeiro amarelo, Araújo (2011b) obteve viabilidade econômica para todos os tratamentos de irrigação avaliados no cultivo da cultura no Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará.

Na Tabela 12, estão apresentados os resultados do valor presente líquido (VPL), calculados para todos os meses do ano, em função do preço de comercialização e da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha.

Tabela 12 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da lâmina de irrigação aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Mês	Preço (R\$)	VPL (R\$)					
		30% Eto	60% Eto	90% Eto	120% ETo	150% ETo	180% Eto
Janeiro	1,12	-45.254,20	-12.267,19	11.746,60	26.787,12	32.854,41	29.948,44
Fevereiro	0,70	-68.506,15	-47.907,03	-32.916,17	-23.533,60	-19.759,30	-21.593,28
Março	0,95	-54.665,70	-26.692,84	-6.331,18	6.419,21	11.558,38	9.086,32
Abril	1,38	-30.860,14	9.795,57	39.394,98	57.938,04	65.424,80	61.855,22
Mai	1,46	-26.431,19	16.584,12	47.902,18	67.522,94	75.446,45	71.672,69
Junho	1,00	-51.897,61	-22.450,00	-1.014,19	12.409,77	17.821,92	15.222,24
Julho	0,67	-70.167,00	-50.452,74	-36.106,36	-27.127,94	-23.517,42	-25.274,83
Agosto	0,65	-71.274,24	-52.149,87	-38.233,16	-29.524,17	-26.022,84	-27.729,20
Setembro	0,53	-77.917,65	-62.332,69	-50.993,95	-43.901,51	-41.055,32	-42.455,40
Outubro	0,82	-61.862,74	-37.724,22	-20.155,38	-9.156,25	-4.726,81	-6.867,07
Novembro	1,28	-36.396,32	1.309,90	28.760,99	45.956,92	52.897,72	49.583,38
Dezembro	1,33	-33.628,23	5.552,74	34.077,99	51.947,48	59.161,26	55.719,30

Observa-se que o tratamento em que se irrigou 30% da ETo não apresentou viabilidade econômica em nenhum dos meses estudados, tendo apresentado VPL negativo até mesmo para o mês de maio, quando o preço do quilograma de abobrinha apresentou seu maior valor. Para os tratamentos com irrigação de 60% e 90% da ETo verifica-se a ocorrência de viabilidade econômica com VPL positivo em apenas quatro meses do ano (abril, maio, novembro e dezembro) e em apenas cinco meses do ano (janeiro, abril, maio, novembro e

dezembro), respectivamente, o que torna a opção por esses tratamentos muito arriscada, haja vista que na maior parte do ano os mesmos são inviáveis economicamente ao produtor.

Por outro lado, os tratamentos de 120%, 150% e 180% da ETo apresentaram viabilidade econômica na maior parte do ano, tendo apresentado valores negativos de VPL para o mês de fevereiro e o período compreendido entre julho e outubro. Assim, a irrigação com tais níveis de aplicação de água, torna o cultivo da abobrinha mais seguro para o produtor. No entanto, vale destacar que, na busca pelo maior rendimento, deve-se programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente naqueles meses que apresentaram os maiores valores de VPL (maio, abril, dezembro e novembro), desde que as condições fitossanitárias permitam essa programação.

6.5.2 Doses de nitrogênio

Na Tabela 13, estão apresentados os resultados dos indicadores financeiros VPL, TIR e o período “payback” calculados para um período de fluxo de caixa de cinco anos, em função da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha.

Tabela 13 – Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB) em função da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Indicadores		
			VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
T0	0	18.639	17.734,54	19,15	4,13
T50%	70	20.804	29.494,85	27,74	3,82
T100%	140	22.970	41.255,17	36,25	3,56
T200%	280	27.302	64.775,80	53,08	3,13

Observa-se que todos os tratamentos demonstraram ser viáveis economicamente. Pela análise do VPL, em todos os casos, o dinheiro se valorizou no tempo, enquanto que pela TIR leva-se a concluir que se deve “aceitar” o projeto, seja qual for a dose de nitrogênio aplicada, até mesmo quando não se aplica o nutriente no cultivo.

No entanto, houve variação nos indicadores entre os diferentes tratamentos. Os melhores indicadores econômicos foram obtidos para o tratamento em que se aplicou 200% da dose recomendada (280 kg de N ha⁻¹), alcançando um VPL de R\$ 64.775,80 e TIR de

53,08%. Além do elevado rendimento do recurso investido, constatou-se um curto período de tempo para retorno do capital, uma vez que o período “payback” foi de 3,13 anos, demonstrando que basicamente no terceiro ano o investidor reaveria todo seu investimento.

Por outro lado, o tratamento testemunha, onde não foi feita aplicação de nitrogênio, proporcionou os menores valores para os indicadores avaliados (VPL = R\$ 17.734,54; TIR = 19,15% e PB = 4,13 anos). Tal observação evidencia que o incremento da produtividade proporcionada pela aplicação de nitrogênio é mais que o necessário para cobrir o aumento nos custos com o insumo, tornando-se atrativo para o produtor o investimento na aquisição e aplicação do adubo.

Analisando a rentabilidade econômica da cultura da melancia em função da frequência de fertirrigação nitrogenada, Fernandes *et al.* (2014a) observaram, por meio da receita líquida, viabilidade para todos os tratamentos estudados, com comportamento crescente para o aumento do parcelamento da dose do nutriente.

Na Tabela 14, estão apresentados os resultados do valor presente líquido (VPL), calculados para todos os meses do ano, em função do preço de comercialização e da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha.

Tabela 14 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da dose de nitrogênio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Mês	Preço (R\$)	VPL (R\$)			
		T0	T50%	T100%	T200%
Janeiro	1,12	2.659,80	12.668,42	22.677,04	42.694,27
Fevereiro	0,70	-36.911,38	-31.500,97	-26.090,57	-15.269,76
Março	0,95	-13.357,10	-5.209,67	2.937,77	19.232,64
Abril	1,38	27.156,25	40.011,38	52.866,50	78.576,76
Mai	0,46	34.693,62	48.424,59	62.155,57	89.617,52
Junho	1,00	-8.646,25	48,59	8.743,43	26.133,12
Julho	0,67	-39.737,89	-34.655,93	-29.573,97	-19.410,04
Agosto	0,65	-41.622,23	-36.759,23	-31.896,23	-22.170,23
Setembro	0,53	-52.928,28	-49.379,06	-45.829,83	-38.731,38
Outubro	0,82	-25.605,33	-18.881,15	-12.156,97	1.291,39
Novembro	1,28	17.734,54	29.494,85	41.255,17	64.775,80
Dezembro	1,33	22.445,39	34.753,12	47.060,84	71.676,28

Observa-se que o tratamento onde não se aplicou nitrogênio (T0) apresentou VPL negativo em sete meses do ano (fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro e outubro), sendo inviável economicamente programar a colheita para tais meses. No entanto, a medida que se aumentou a quantidade de N aplicada aumentou-se também a quantidade de meses em que o cultivo tornou-se viável (VPL positivo), sendo T50% viável em seis meses (janeiro, abril, maio, junho, novembro e dezembro), T100% viável em sete meses (janeiro, março, abril, maio, junho, novembro e dezembro) e T200% viável em oito meses (janeiro, março, abril, maio, junho, outubro, novembro e dezembro). Assim, pode-se afirmar que a adubação com nitrogênio aumentou a garantia de retorno econômico ao produtor, reduzindo o risco de perdas, à medida que essa dose é aumentada até a quantidade de 280 kg ha⁻¹.

Vale ressaltar que, buscando o maior rendimento, o produtor deve adotar a adubação com 200% da dose recomendada (280 kg ha⁻¹) e programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente naqueles meses que apresentaram os maiores valores de VPL (maio, abril, dezembro e novembro), considerando ainda as condições fitossanitárias.

6.5.3 Doses de potássio

Na Tabela 15, encontram-se resultados dos indicadores financeiros VPL, TIR e o período “payback”, calculados para um período de fluxo de caixa de cinco anos, em função da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha.

Tabela 15 – Indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o período “payback” (PB), em função da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Indicadores		
			VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
T0	0	21.814	39.036,30	34,65	3,61
T50%	75	25.567	60.689,59	50,17	3,20
T100%	150	29.321	82.342,89	65,52	2,87
T200%	300	36.828	125.649,48	95,90	2,38

Os tratamentos demonstraram viabilidade econômica, de forma que, pela análise do VPL, para todos os casos avaliados, o dinheiro se valorizou no tempo. E, mais uma vez, os valores de TIR observados leva-se a concluir que o projeto deve ser “aceito”, seja qual for a dose de potássio aplicada, até mesmo quando não se aplica o nutriente.

Também, foi verificada variação nos indicadores para os diferentes tratamentos estudados. Os melhores indicadores econômicos foram obtidos com o tratamento em que se aplicou 200% da dose recomendada (300 kg de K_2O ha^{-1}). O VPL obtido foi de R\$ 125.649,48 e TIR de 95,90%, já o período “payback” foi de 2,38 anos, indicando que ainda no segundo ano de cultivo o investidor já poderá reaver todo seu investimento.

Os menores valores para os indicadores avaliados (VPL = R\$ 39.036,30; TIR = 34,65% e PB = 3,61 anos) foram referentes ao tratamento testemunha, onde não foi feita aplicação de potássio. Assim, corroborando com o que se observou para o estudo com nitrogênio, evidencia-se que é atrativo para o produtor o investimento na aquisição e aplicação do adubo, uma vez que o incremento da produtividade proporcionada pela aplicação de potássio é mais do que suficiente para cobrir o aumento nos custos com o insumo.

O segmento dos insumos é o que mais onera os custos operacionais da exploração agrícola, correspondendo a 61% desses custos, sendo que desse total 39,23% diz respeito aos adubos químicos (ARAÚJO *et al.*, 2004).

A procura por estratégias de adubação que tenham por objetivo o aumento do rendimento econômico é de elevada importância, por dar garantias ao produtor sobre o investimento a ser realizado. Dessa forma, os resultados da análise econômica evidenciam que a aplicação de nitrogênio e de potássio, em doses superiores as recomendadas para a cultura da abobrinha, se configura em uma excelente alternativa quando se almeja ganhos de produtividade e incrementos de rendimento agrícola.

Na Tabela 16, estão apresentados os resultados do valor presente líquido (VPL), calculados para todos os meses do ano, em função do preço de comercialização e da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha.

Pelos resultados, observa-se que o tratamento onde não se aplicou potássio (T0) apresentou a maior quantidade de meses, cinco, com VPL negativo (fevereiro, julho, agosto, setembro e outubro), inviabilizando economicamente o cultivo. Os tratamentos T50% e T100% apresentaram comportamento semelhante, com VPL negativo em quatro meses (fevereiro, julho, agosto e setembro). Já, o tratamento T200% apresentou VPL negativo em apenas um mês (setembro), sendo o cultivo da abobrinha viável em todos os outros onze meses do ano. Os maiores rendimentos econômicos foram previstos para os meses de maio (R\$ 159.158,28), abril (R\$ 144.265,48), dezembro (R\$ 134.957,48) e novembro (125.649,48).

Tabela 16 – Valor presente líquido (VPL) em função do preço de comercialização mensal e da dose de potássio aplicada na cultura da abobrinha, Fortaleza, Ceará, 2013

Mês	Preço (R\$)	VPL (R\$)			
		T0	T50%	T100%	T200%
Janeiro	1,12	21.393,70	40.011,24	58.628,79	95.863,87
Fevereiro	0,70	-24.918,10	-14.269,41	-3.620,72	17.676,66
Março	0,95	2.648,45	18.040,50	33.432,56	64.216,67
Abril	1,38	50.062,92	73.613,56	97.164,20	144.265,48
Mai	0,46	58.884,21	83.952,73	109.021,25	159.158,28
Junho	1,00	8.161,76	24.502,49	40.843,21	73.524,67
Julho	0,67	-28.226,09	-18.146,60	-8.067,11	12.091,86
Agosto	0,65	-30.431,41	-20.731,40	-11.031,38	8.368,66
Setembro	0,53	-43.663,36	-36.240,15	-28.816,95	-13.970,54
Outubro	0,82	-11.686,16	1.239,35	14.164,85	40.015,87
Novembro	1,28	39.036,30	60.689,59	82.342,89	125.649,48
Dezembro	1,33	44.549,61	67.151,57	89.753,54	134.957,48

Por fim, ressalta-se que, buscando o maior rendimento, o produtor deve adotar a adubação dom 200% da dose recomendada de potássio (300 kg ha^{-1}) e programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente naqueles meses que apresentaram os maiores valores de VPL previstos. Deve-se também verificar as condições fitossanitárias do cultivo nos períodos considerados.

7 CONCLUSÕES

7.1 Experimento I: Lâminas de irrigação

As lâminas de irrigação proporcionaram comportamento polinomial quadrático para massa do fruto, número de frutos e produtividade da cultura da abobrinha.

A máxima massa do fruto estimada foi de 684,69 g para uma lâmina de irrigação de 618 mm, correspondente a 174% da ETo de Penman-Monteith.

O número de frutos e a produtividade máxima obtidos foram, respectivamente, de 2,30 frutos por planta e 24.808 kg ha⁻¹, ambos com uma lâmina de irrigação de 567 mm, equivalente a 159% da ETo de Penman-Monteith.

Os indicadores financeiros demonstraram que a irrigação com 30% da ETo de Penman-Monteith (186 mm) é economicamente inviável para a exploração agrícola da cultura da abobrinha nas condições de estudo. Os melhores indicadores foram observados para o tratamento irrigado com lâmina de 150% da ETo de Penman-Monteith (550 mm), proporcionando VPL = R\$ 52.898,72; TIR = 44,61% e PB = 3,33 anos.

Os meses de maio, abril, dezembro e novembro apresentaram os maiores valores de VPL ao longo do ano, assim, o produtor deve programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente nesses meses, considerando a viabilidade fitossanitária de cultivo.

7.2 Experimentos II: Doses e formas de aplicação de nitrogênio

Os diferentes métodos de adubação testados não proporcionaram diferença estatística nas variáveis avaliadas, com exceção da massa do fruto, onde a aplicação de nitrogênio pelo método convencional e por fertirrigação apresentou interação de comportamento polinomial quadrático, para ambas as formas de aplicar o nutriente. Os valores máximos estimados para a massa do fruto foram: 683,44 g para uma dose ótima de 218,36 kg ha⁻¹ de N e de 677,55 g para uma dose ótima de 227,85 kg ha⁻¹ de N, obtidos com a adubação convencional e com a fertirrigação, respectivamente.

As doses de nitrogênio proporcionaram comportamento polinomial quadrático para o diâmetro do fruto da abobrinha, com valor máximo estimado em 77,10 mm para uma dose ótima de 212,25 kg ha⁻¹ de N.

O aumento da dose de nitrogênio implicou em aumento linear da produtividade da cultura da abobrinha, sendo a maior dose testada (280 kg ha^{-1} de N) responsável pela maior produtividade ($27.302 \text{ kg ha}^{-1}$).

A eficiência do uso de água cresceu linearmente com o aumento da dose de nitrogênio aplicada na abobrinha, apresentando valor máximo de $68,16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, para a maior dose testada (280 kg ha^{-1} de N).

As doses de nitrogênio avaliadas proporcionaram comportamento polinomial quadrático para a eficiência do uso de nitrogênio, com a dose ótima de $159,55 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, que permitiu estimar uma EUN máxima de $54,60 \text{ kg ha}^{-1} / \text{kg ha}^{-1}$.

Os indicadores financeiros demonstraram, para todos os tratamentos, viabilidade econômica do cultivo da abobrinha. Os melhores indicadores foram observados para o tratamento em que se aplicou 200% da dose recomendada ($280 \text{ kg de N ha}^{-1}$), alcançando um VPL de R\$ 64.775,80; TIR de 53,08% e PB de 3,13 anos.

Os maiores valores de VPL ao longo do ano foram observados para os meses de maio, abril, dezembro e novembro, devendo o produtor programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente nesses meses, considerando a viabilidade fitossanitária de cultivo.

7.3 Experimentos III: Doses e formas de aplicação de potássio

As variáveis avaliadas não foram influenciadas pelos métodos de adubação utilizados no presente estudo.

As doses de potássio proporcionaram comportamento polinomial quadrático para a massa do fruto, com valor máximo estimado em 865,03 g, para uma dose calculada em $268,77 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O .

O aumento da dose de potássio implicou em incremento linear positivo no diâmetro do fruto, na espessura da polpa e na produtividade. Os maiores valores foram proporcionados pela maior dose ensaiada (300 kg ha^{-1} de K_2O): 79,30 mm, 16,99 mm e $36.828 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

A eficiência do uso de água cresceu linearmente com o aumento da dose de potássio, sendo o maior valor ($92,35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) proporcionado pela maior dose testada (300 kg ha^{-1} de K_2O).

As doses de potássio proporcionaram comportamento polinomial quadrático para a eficiência do uso de potássio, com dose ótima de 174,29 kg ha⁻¹ de K₂O, que proporcionaria a máxima EUK (87,41 kg ha⁻¹ / kg ha⁻¹).

Os indicadores financeiros demonstraram que todos os tratamentos são economicamente viáveis para exploração agrícola da abobrinha. Os melhores indicadores foram observados com o tratamento em que se aplicou 200% da dose recomendada (300 kg de K₂O ha⁻¹), proporcionando VPL de R\$ 125.649,48; TIR de 95,90% e PB de 2,38 anos.

Os maiores valores de VPL ao longo do ano foram observados para os meses de maio, abril, dezembro e novembro, devendo o produtor programar o plantio para que a colheita seja realizada preferencialmente nesses meses, considerando a viabilidade fitossanitária de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. H. P. *et al.* Adubação potássica via água de irrigação na cultura da videira no semiárido cearense. **Irriga**, v. 19, n.3, p. 527-536, 2014.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; PAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, E. I. B. *et al.* Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.
- AMARO, G. B. **Abobrinha**, Globo Rural, 2009. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1703472-4529,00.html>>. Acesso em: 24 fev 2015.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de *et al.* Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 301-305, 2001.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. *et al.* Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. *et al.* Produtividade e qualidade de frutos de melancia em função de diferentes níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.15, p.43-46, 1997.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; *et al.* Frequência de aplicação de nitrogênio e de potássio via água de irrigação por gotejamento na cultura da melancia em Parnaíba, PI. **Agropecuária Científica no SemiÁrido**, v. 03, p. 01-07, 2007.
- ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Sete Lagoas, MG. MAPA. 2006. 17p (Circular Técnica, 82).
- ANGHINONI, I.; BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo. In:_____. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 4 ed. Porto Alegre: Gênese, 2004, cap. 4, p. 252-264.
- ANTUNES, G. *et al.* Produtividade e qualidade de frutos de pepino africano em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 141-146, 2014.
- ARAÚJO, H. F. de. **Indicadores técnicos e econômicos do maracujazeiro amarelo irrigado no perímetro Curu Pentecoste, Ceará**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011a.
- ARAÚJO, H. S. de. **Doses de potássio em cobertura na produção e qualidade de frutos de abobrinha-de-moita**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2011b.

ARAÚJO, H. S. *et al.* Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.

ARAÚJO, J. L. P. *et al.* Análises dos custos de produção e rentabilidade da melancia produzida na região do submédio São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul., 2004.

ARAÚJO, J. L. P. *et al.* Análises dos custos de produção e rentabilidade da melancia produzida na região do submédio São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, 2004.

ARAÚJO, W. F. *et al.* Crescimento e produção de melancia submetida a doses de nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 80-85, 2011.

ÁVILA, A. C. de; REIS, A. **Doenças do meloeiro (Cucumis melo) causadas por vírus**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. (Circular Técnica, 54).

AZEVEDO, B. M. de; *et al.* Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2005.

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 28-33, 2008.

BARROS, V. da S.; COSTA, R. N. T.; AGUIAR, J. V. de. Função de produção da cultura do melão para níveis de água e adubação nitrogenada no vale do Curu-CE. **Irriga**, v. 7, n. 2, 2002.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 625p.

BRAGA FILHO, J. R. *et al.* Lâminas de irrigação e genótipos na produção e qualidade de frutos de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 02, p. 155-162, 2011.

BRITO, R. A. L. **Cultivo do milho**. quimificação. Sete Lagoas: MG, MAPA. 2002. 9p (Comunicado Técnico, 57).

CAMARGO, L. de S. **As Hortaliças e seu Cultivo**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargil. 1992. 252p.

CAMPELO, A. R. *et al.* Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, 2014.

CAPISTRANO, I. R. N. **Efeitos da adubação nitrogenada sobre a produção da mamona irrigada com água e efluente de esgoto doméstico tratado**. 2007. 61 f. (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

CARLOS, J. A. *et al.* Produtividade da momoneira sob fontes e doses de nitrogênio irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 60-70, 2012.

CARMELLO, Q. A. C. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 1999. 59p. Apostila.

- CARPES, R. H., **Variabilidade da fitomassa de abobrinha italiana e de tomate e o planejamento experimental**. 2008. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.
- CARRIJO, O. A. *et al.* **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2004. 13 p.
- CARVALHO, D. B.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. **Revista Scientia Agrária**, v. 3, n. 1-2, p. 41-45, 2002.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 650 p.
- CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Padrão mínimo de qualidade**. 2013. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/biblioteca/padraominimo/ficha%20da%20abobrinha.pdf>>. Acesso em: 18 mar 2013.
- CEASA/CE - Centrais de Abastecimento do Ceará S.A. **Análise Conjuntural**. 2015. Disponível em: <<http://www.ceasa-ce.com.br/index.php/analise-conjuntural>>. Acesso em 20 abr 2015.
- CERETTA, C. A. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 26, p. 163-171, 2002.
- CERMEÑO, Z. S. **Estufas – instalações e manejo**. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1942. 124p (Bulletin, 670).
- COELHO, A. M. Fertirrigação. In: _____. **Quimigação**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 8, p. 201-220.
- COELHO, E. L. *et al.* Qualidade do fruto de melão rendilhado em função de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 173-178, 2003.
- COSTA, P. C.; CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, 2001.
- CRISÓSTOMO, L. A. *et al.* **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21p. (Circular Técnica, 14).
- CUNHA, J. P. A. R. **Irrigação: Água e químicos**. 2001. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=198>>. Acesso em 12 de março de 2015.

DIAS, F.M.; MORAIS, S.J.S.; REZENDE, R.C. **Análise da viabilidade econômica para produção de melancia e cenoura com financiamento em Anápolis – GO**. Apostila Técnica, 6p, Goiás, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO, Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

DUENHAS, L. H. *et al.* Fertirrigação com diferentes doses de npk e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) ‘valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 214-218, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Hortaliças. Brasília: **Catálogo brasileiro de hortaliças**, 2010. 60p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: _____. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa; SBCS, 2007. Cap. 8 e 9, p. 501-594.

FAGERIA, N. K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 0, p. 2115-2120, 2000.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FERNANDES, A. L.; GRASSI FILHO, H. Manejo da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do melão rendilhado (*Cucumis melo reticulatos* Naud). **Irriga**, v. 8, n. 3, p.178-190, 2003.

FERNANDES, C. N. V. *et al.* Frequências de fertirrigação nitrogenada e fosfatada na rentabilidade econômica da melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 3, p. 270-279, 2014a.

FERNANDES, C. N. V. *et al.* Irrigation and fertigation frequencies with nitrogen in the watermelon culture. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 106-112, 2014b.

FERNANDES, C. N. V. **Frequência de irrigação e de fertirrigação com nitrogênio e fósforo na cultura da melancia**. 2012. 79 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, 2002.

- FERREIRA, M. A. J. da F. **Abóboras, morangas e abobrinhas: estratégias para coleta, conservação e uso**. Embrapa 2007. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/aboboras/Index.htm >. Acesso em: 24 fev 2015.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 421 p.
- FOLEGATTI, M. V. *et al.* Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamento superficial e subsuperficial. **Irriga**, v. 9, n. 1, p. 52-61, 2004.
- FONTES, P. C. R. *et al.* Produtividade do melão rendilhado em ambiente protegido e no campo, em função de doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 01, p. 15-20, 2004.
- FRANCO, M. 1999. **Abóboras: Fitohormônio aumenta a produção**. Jornal de Brasília, ano 12, nº 594.
- GENUNCIO, G. C. *et al.* Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, 2010.
- GONÇALVES, R. E. M. **Produção de abobrinha italiana influenciada por doses crescentes de nitrogênio e fósforo**. 2008. 29 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2008.
- GOUVÊA, J. R. F. **Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- GRANGEIRO, L. C. *et al.* Acúmulo e exportação de nutrientes pela cultivar de melancia mickylee. **Caatinga**, v. 18, n. 2, p. 73-81, 2005.
- GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 93-97, 2004.
- GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura brasileira**, v. 23, p. 763-767, 2005.
- GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 451-454, 2006.
- HIGUTI, A. R. O. *et al.* Produção de mudas de abóbora com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p.377-380, 2010.
- KANO, C. **Extração de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

- KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação do nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 117-121, 2002.
- KOPPEN, W. **Dieklimate dererde-grundrib der kimakunde**. Berlin, Walter de gruyter verlag, 1923.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 2 ed. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.
- LATTARO, L. H.; MALERBO-SOUZA, D. T. Polinização entomófila em abóbora caipira, *Cucurbita mixta* (*Cucurbitaceae*). **ActaScientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 563-568, 2006.
- LIMA, A. A. **Absorção e eficiência de utilização de nutrientes por híbridos de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
- LÚCIO, A. D. *et al.* Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 335-341, 2008.
- MAJEROWICZ, N. *et al.* Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 129-136, 2002.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 23. ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980. 253 p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo, Editora Nobel, 2002.
- MELO, A. S. de *et al.* Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p.73-79, 2010.
- MESQUITA, J. B. R. de *et al.* Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 364-375, 2013.
- MESQUITA, J. B. R. **Manejo da cultura do gergelim submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- MEURER, E. J. **Potássio**. In:_____. **Nutrição mineral de plantas**. 1 ed.Viçosa: SBCS, 2006. Cap. 5, p. 282-298.
- MORAIS, N. B. de. *et al.* Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p.369-377, 2008.
- MOREIRA, L. G. *et al.* Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p.449-455, 2009.

MOREIRA, O. C. **Resposta da cultura da abóbora aos fatores de produção água e adubo nitrogenado com reuso de água da irrigação por sulcos em sistema de irrigação localizada, CE.** 64 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2010.

MOSIER, A.; GALLOWAY, J. **Setting the scene – The international nitrogen initiative.** In; INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. Proceedings. Paris, International Fertilizer Industry Association, 2005. 10p. CD ROOM.

MOTA, J. H. *et al.* Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface-americana em cultivo protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, 542-549, 2001.

NASCIMENTO NETO, J. R. do. **Efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação e convencional no cultivo do meloeiro.** 2011. 65 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

NASCIMENTO NETO, J. R. do. *et al.* Formas de aplicação e doses de nitrogênio para o meloeiro amarelo no litoral do Ceará. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 364 - 375, 2012.

NOBRE, J. G. A. **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em argissolo vermelho-amarelo.** 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

NOGUEIRA, F. P. *et al.* Crescimento e marcha de absorção de nutrientes da melancia fertirrigada com diferentes doses de N e K. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 35-42, 2014.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; PEREIRA, J. M. S.; COUTO, L. A. Estudo da polinização entomófila em *Cucurbita pepo* (abóbora italiana). **Científica**, v. 18, p. 21-27, 1990.

NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OLINIK, J. R. *et al.* Produtividade de híbridos de abobrinha italiana cultivados sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura brasileira**, v. 29, n. 1, p. 130-134, 2011.

OLIVEIRA, E. C. *et al.* Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 324-333, 2011.

OLIVEIRA, N. L. C. de *et al.* Crescimento e produção da abobrinha em função de concentração e via de aplicação da urina de vaca. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, n. 2, p.129-136, 2013.

OLIVEIRA, P. G. F. de. *et al.* Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 153-158, 2012.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. **Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, FOLEGATTI, Marcos Vinicius (Coord). cap. 1, p. 11- 74, 1999.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA, J. M. G. **Produção, trocas gasosas e estado nutricional da melancia, submetida a diferentes lâminas de irrigação e doses de boro**. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PIRES, R. C. de M. *et al.* Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. p. 98-111, 2008.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: http://portal.cenad.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=c37feae3-8169-4049-900b-e8160661f541&groupId=66920. Acesso em: 12/06/2012.

PÔRTO, M. L. A. **Adubação nitrogenada e diagnóstico do estado de nitrogênio nas culturas de abobrinha, abóbora tipo “tetsukabuto” e pepino**. 2011. 109 f. Tese (*Doctor Scientiae*) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PÔRTO, M. L. A. *et al.* Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.71, n. 2, p. 190-195, 2012.

PRADO, R de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407 p.

QUEIROGA, R. C. F. de. *et al.* Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. v. 25, n. 4, 2007.

RECH, E. G.; FRANKE, L. B.; BARROS, I. B. I. de. Adubação orgânica e mineral na produção de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 02, p. 110-116, 2006.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**, Ed. Manole LTDA, Piracicaba, 1990, 188p.

ROMANO, C. M. *et al.* **Polinização manual em abóboras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 27 p. (Documentos 225).

ROSA, R. C. C. *et al.* Doses de nitrogênio e potássio em fertirrigação em maracujazeiro amarelo consorciado com coqueiro-anão verde, na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 113-116, 2006.

SANDRI, D.; PEREIRA, J. A.; VARGAS, R. B. Custos de produção e rentabilidade produtiva da melancia sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 414-429, 2014.

SANTOS G. R. *et al.* Effect of nitrogen doses on disease severity and watermelon yield. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p.330-334. 2009.

SANTOS, C. A. dos. **Análise da viabilidade econômica para implantação de sistema de quimigação em cultura de soja irrigada por pivô central**. 2014. 44 f. (Monografia Bacharel em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2014.

SANTOS, M. D. S. **Rendimento da abóbora sob dois métodos de irrigação, duas qualidades de água e diferentes níveis de potássio**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SARAIVA, K. R. **Manejo da irrigação no cultivo da melancia, sob diferentes coberturas e déficits hídricos, utilizando o modelo Isareg**. 2014. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SILVA JÚNIOR, M. J. *et al.* Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes de meloeiro “pele de sapo”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 364-368, 2006.

SILVA, A. R. A. *et al.* Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 01, p. 57-64, 2011a.

SILVA, J. C. A. da *et al.* Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 408–416, 2014.

SILVA, M. V. T. da. *et al.* Diagnose foliar da abóbora submetida a diferentes níveis de salinidade e doses crescentes de nitrogênio. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 118- 125, 2013.

SILVA, V. J. *et al.* Resposta da cenoura a diferentes lâminas de irrigação. **Biosci Journal**, v. 27, n. 6, p. 954-963, 2011b.

SOCCOL, O. J. **Quimigação - Vantagens e adequações**. 2008. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=94>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

SOLIS, F. A. M. *et al.* Nutrição mineral de hortaliças: LIV - acumulação de nutrientes na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.) var. Aodai cultivado em condições de campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 39, n. 2, p. 697-737, 1982.

SOUSA, A. E. C. *et al.* Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

SOUSA, G. G. de. *et al.* Adubação potássica aplicada por fertirrigação e pelo método convencional na cultura do amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1055–1060, 2013.

SOUSA, G. G. de. *et al.* Growth and yield of peanut with different irrigation levels applied by drip irrigation. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 186-195, 2014.

SOUSA, V. F. de. *et al.* Eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.302-306, 2005.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. de. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 659-664, 1999.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**, 2 ed. Viçosa: editora Aprenda Fácil, 2011. 843p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.819p.

STRASSBURGER, A. S. *et al.* Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 283-289, 2011.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

TEODORO, R. E. F. *et al.* Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura de melancia (*Citrullus lanatus*). **Bioscience Journal**, v. 20, n. 01, p. 29-32, 2004.

TEPPNER, H. Notes on Lagenaria and Cucurbita (*Cucurbitaceae*) – Review and New Contributions. **Phyton**, v. 44, p. 245-308, 2004.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; ARAÚJO, H. S. de. **Calagem e adubação da abobrinha italiana (de moita) (*Cucurbita pepo*), abóbora brasileira (*Cucurbita moschata*), moranga (*Cucurbita maxima*) e abóbora japonesa (híbrida)**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 2014. 8p. (Boletim Técnico)

VANOUSOVÁ, O. Effect of nutrition on the distribution of potassium and phosphorus in *Cucurbita pepo* L. **Biologia Plantarum**, v. 10, n. 3, p. 157-165, 1968.

VASCONCELOS, D. V. **Manejo da cultura do girassol submetida a diferentes níveis de irrigação, doses e formas de aplicação de nitrogênio e potássio**. 2011. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

VIANA, P. A.; BRITO, R. A. L.; PINTO, N. F. J. A.; PITTA, G. V. E.; KARAM, D. **Quimigação na cultura do milho**. Sete lagoas. MAPA. 2002. 17p (Circular Técnica, 18).

VIANA, T. V. de A. *et al.* Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

VIANA, T. V. de A. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

VILLAS BÔAS, R. L. *et al.* Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. (eds.). **Fertirrigação: Flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, v. 2, p. 71-103. 2001.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo tetsukabuto. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 375-380, 2007.

YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **O potássio na agricultura brasileira**. 3. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. 841p.