



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

**WILLAME CANDIDO DE OLIVEIRA**

**LÂMINA DE IRRIGAÇÃO *VERSUS* COBERTURA DO SOLO E MANEJO DA  
FERTIRRIGAÇÃO FOSFATADA NO CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI**

**FORTALEZA**

**2019**

WILLAME CANDIDO DE OLIVEIRA

LÂMINA DE IRRIGAÇÃO *VERSUS* COBERTURA DO SOLO E MANEJO DA  
FERTIRRIGAÇÃO FOSFATADA NO CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira Azevedo.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- O521 Oliveira, Willame Candido de.  
Lâmina de irrigação versus cobertura do solo e manejo da fertirrigação fosfatada no cultivo do feijão-caupi /  
Willame Candido de Oliveira. – 2019.  
92 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.  
Coorientação: Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes.
1. Semiárido. 2. *Vigna unguiculata* L. Walp. 3. Necessidades hídricas. 4. Mulching. 5. Ácido fosfórico. I.  
Título.

CDD 630

---

WILLAME CANDIDO DE OLIVEIRA

LÂMINA DE IRRIGAÇÃO *VERSUS* COBERTURA DO SOLO E MANEJO DA  
FERTIRRIGAÇÃO FOSFATADA NO CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovado em: 29/08/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes (Coorientador)  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Iguatu

---

Prof. Dr. Alexandre Reuber Almeida da Silva  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Iguatu

---

Prof. Dr. Joaquim Branco de Oliveira  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Iguatu

---

Prof. Dr. Dijauma Honório Nogueira  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Iguatu

A Deus.

Aos meus pais: Maria e Antervan, minha  
irmã Jackeline e sobrinhos: Pedro Henrique  
e Marlos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder sabedoria, inteligência, paciência e saúde para concluir mais essa etapa de minha vida.

Aos meus pais, Maria Clesioneide e Antônio Antervan, meus melhores amigos, por todo amor, carinho e dedicação, por nos momentos de dificuldade me orientarem, me guiando com toda a sua experiência nos caminhos da vida.

A toda minha família, em especial, minha irmã Jackeline, meus sobrinhos: Pedro Henrique e Marllos e meus avós por todo apoio e confiança dedicados a mim.

Aos professores Dr. Benito Moreira de Azevedo e Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes, pela confiança, orientação, dedicação e principalmente pela paciência depositada em mim, essenciais para a realização deste trabalho. Desejo-lhes toda felicidade.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Iguatu pelo apoio e estrutura para desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pelas sugestões e conhecimentos transmitidos nas disciplinas, ao longo de todo o mestrado.

Aos amigos, Kleber, Juarez, Dirceu, Emanuel, David, José, Jacques, Thayslan, Alex e Álisson, pelas amizades e momentos de descontração.

Aos amigos de turma do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola: Camila, Pedro Victor, Wesley Lívio, Beatriz, Thales, Mayara e Rennan.

Ao Prof. Joaquim Branco de Oliveira e aos alunos Hugo e Wanderléia do Laboratório de Geoprocessamento do IFCE, *campus* Iguatu, por me conceder espaço para estudo.

Aos alunos e professores do curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem do IFCE, *campus* Iguatu, em especial a Jorge Luis, Gleyciane, Euzimar, Alexandre Reuber e Daniel, por serem essenciais no desenvolvimento dos experimentos.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de mestrado.

“O que sabemos é uma gota o que ignoramos é um oceano. Mas o que seria o oceano se não infinitas gotas”.

Isaac Newton

## RESUMO

O feijão-caupi é uma cultura muito explorada no nordeste do Brasil, região em que o semiárido é o clima predominante. Em regiões áridas e semiáridas a utilização de irrigação é um aspecto fundamental para o suprimento, total ou parcial, das necessidades hídricas das culturas, bem como a utilização de plantas como cobertura do solo, para contribuir com o aumento da disponibilidade de água às culturas. Outro aspecto importante é o estado nutricional, em que o fósforo desempenha papel importante nos principais componentes de produtividade de grãos do feijão. Os objetivos foram: avaliar os efeitos de lâminas de irrigação, associadas com coberturas do solo no experimento I, bem como mensurar os efeitos do parcelamento e doses de fósforo aplicadas via fertirrigação na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata L. Walp.*), no experimento II. Na pesquisa foi utilizada a cultura do feijão-caupi, cultivar Canapu, nas condições edafoclimáticas de Iguatu, Ceará, localizada no semiárido nordestino, durante o período de outubro a dezembro de 2018. Os experimentos de campo foram desenvolvidos na área experimental, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - *Campus* Iguatu. No experimento I, foram avaliados os efeitos de três coberturas do solo e o tratamento controle, sem cobertura do solo (C1 – controle, C2 – Crotalária - *Crotalaria juncea*, C3 – Mucuna-Preta - *Mucuna purpureus* e C4 Guandu - *Cajanus cajan*) e cinco lâminas de irrigação (L1 – 50%, L2 – 75%, L3 – 100%, L4 – 125% e L5 – 150% da evapotranspiração da cultura). No experimento II, foram avaliados os efeitos entre três parcelamentos do fósforo, sendo: P1 – parcelamento da dose em aplicações semanais com porcentagens diferenciadas de acordo com a marcha de absorção da cultura; P2 – parcelamento da dose em aplicações semanais com porcentagem iguais e P3 – parcelamento em duas aplicações aos 7 e 28 dias após a semeadura, associadas a cinco doses de fósforo (D1 – 0, D2 – 50, D3 – 100, D4 – 150 e D5 – 200% da dose recomendada, 30 kg ha<sup>-1</sup>). No experimento I, houve efeito significativo para a interação entre os tratamentos lâmina de irrigação e cobertura do solo, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F para produtividade de grãos e 5% para variáveis: comprimento da vagem e massa de cem grãos. No experimento II, houve efeito significativo entre os fatores parcelamento e doses de fósforo em nível de 1%, de probabilidade pelo teste F, para produtividade de grãos e 5% para massa das vagens. A cobertura do solo com mucuna-preta foi a responsável pela maior produtividade de grãos (1.441,6 kg ha<sup>-1</sup>), estimada com a utilização de 414,9 mm, apenas 12% acima da quantidade de água recomendada. O parcelamento do fósforo com aplicações semanais em

porcentagens iguais (10% da dose recomendada), foi o responsável pela maior produtividade de grãos (1.276,74 kg ha<sup>-1</sup>), estimada para uma dose de fósforo ótima de 34,82 kg ha<sup>-1</sup>, 16% superior a dose recomendada.

**Palavras-chave:** Semiárido. *Vigna unguiculata* L. Walp. Necessidades hídricas. *Mulching* Ácido fosfórico.

## ABSTRACT

Cowpea is a widely explored crop in northeastern Brazil, a region where the semiarid is the predominant climate. In arid and semi-arid regions, the use of irrigation is a fundamental aspect for supplying, in whole or in part, the water needs of the crops, as well as the use of plants as soil cover, to contribute to the increase in the availability of water to the crops. Another important aspect is the nutritional status, in which phosphorus plays an important role in the main components of bean production. The objectives were: to evaluate the effects of irrigation depths, associated with soil coverings in experiment I, as well as to measure the effects of splitting and doses of phosphorus applied via fertigation in the culture of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), in experiment II. The research used cowpea cultivar, Canapu cultivar, in the edaphoclimatic conditions of Iguatu, Ceará, located in the northeastern semi-arid region, from October to December 2018. The field experiments were developed in the experimental area, belonging to the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará - Campus Iguatu. In experiment I, the effects of three soil coverings and the control treatment, without soil cover (C1 - control, C2 - *Crotalaria* - *Crotalaria juncea*, C3 - *Mucuna*-Preta - *Mucuna purpureus* and C4 *Guandu* - *Cajanus cajan*) and five irrigation depths (L1 - 50%, L2 - 75%, L3 - 100%, L4 - 125% and L5 - 150% of the crop evapotranspiration). In experiment II, the effects between three phosphorus splits were evaluated, being: P1 - dose splitting in weekly applications with different percentages according to the culture absorption rate; P2 - dose split in weekly applications with equal percentage and P3 - split in two applications at 7 and 28 days after sowing, associated with five doses of phosphorus (D1 - 0, D2 - 50, D3 - 100, D4 - 150 and D5 - 200% of the recommended dose, 30 kg ha<sup>-1</sup>). In experiment I, there was a significant effect for the interaction between the irrigation blade treatments and soil cover, at a level of 1% probability by the F test for grain yield and 5% for variables: pod length and mass of one hundred grains. In experiment II, there was a significant effect between the splitting factors and phosphorus doses at a level of 1%, probability by the F test, for grain yield and 5% for pod mass. The soil cover with black mucuna was responsible for the highest grain yield (1,441.6 kg ha<sup>-1</sup>), estimated with the use of 414.9 mm, only 12% above the recommended amount of water. Phosphorus parceling with equal weekly applications (10% of the recommended dose) was responsible for the highest grain yield (1,276.74 kg ha<sup>-1</sup>), estimated for an optimal phosphorus dose of 34.82 kg ha<sup>-1</sup>, 16% higher than the recommended dose.

**Keywords:** Semiarid. *Vigna unguiculata* L. Walp. Water needs. *Mulching* Phosphoric acid.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área experimental no Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia do Ceará (IFCE), <i>campus</i> Iguatu, Ceará, 2019.....	28
Figura 2 -	Cultura do feijão-caupi, cultivar Canapu. Iguatu, 2018.....	30
Figura 3 -	Desenvolvimento da cobertura Crotalaria - <i>Crotalaria juncea</i> . Iguatu, Ceará, 2018.....	31
Figura 4 -	Desenvolvimento da cobertura Mucuna-Preta - <i>Mucuna purpureus</i> . Iguatu, Ceará, 2018.....	32
Figura 5 -	Desenvolvimento da cobertura Guandu - <i>Cajanus cajan</i> Iguatu, Ceará, 2018.....	32
Figura 6 -	Corte (A) e acamamento (B) das coberturas sobre o solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	33
Figura 7 -	Croqui do sistema de irrigação e disposição dos tratamentos dos experimentos em campo. Iguatu, Ceará, 2019.....	34
Figura 8 -	Semeadura do feijão, cultivar Canapu. Iguatu, Ceará, 2019.....	38
Figura 9 -	Área experimental subdividida onde foi realizada a instalação dos dois experimentos com a cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018.....	40
Figura 10 -	Croqui do experimento com cobertura do solo e lâmina de irrigação na cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018.....	41
Figura 11 -	Croqui do experimento com parcelamento e dose de fósforo na cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018.....	42
Figura 12 -	Comprimento do ramo principal (CRP) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019.....	47
Figura 13 -	Massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	48
Figura 14 -	Massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	49
Figura 15 -	Massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	50
Figura 16 -	Massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	51

Figura 17 -	Massa seca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	52
Figura 18 -	Massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	53
Figura 19 -	Área foliar (AF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	54
Figura 20 -	Comprimento da vagem (CV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	56
Figura 21 -	Massa das vagens (MV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019.....	57
Figura 22 -	Massa das vagens (MV) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	58
Figura 23 -	Número de vagens por planta (NVP) de feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019.....	59
Figura 24 -	Número de vagens por planta (NVP) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	59
Figura 25 -	Número de grãos por vagem (NGV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019.....	61
Figura 26 -	Número de grãos por vagem (NGV) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	61
Figura 27 -	Massa de cem grãos (MCG) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	63
Figura 28 -	Produtividade de grãos (PROD) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	64
Figura 29 -	Comprimento do ramo principal (CRP) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019.....	67
Figura 30 -	Massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019.....	68
Figura 31 -	Massa fresca das folhas (MFF) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019.....	69
Figura 32 -	Massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019.....	70
Figura 33 -	Massa fresca do caule (MFC) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará	70

	2019.....	
Figura 34 -	Massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019.....	71
Figura 35 -	Massa fresca total (MFT) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019	72
Figura 36 -	Massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019.....	73
Figura 37 -	Massa seca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019.....	74
Figura 38 -	Massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019.....	75
Figura 39 -	Área foliar (AF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019.....	76
Figura 40 -	Comprimento da vagem (CV) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019.....	77
Figura 41 -	Número de vagem por planta (NVP) de feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019.....	78
Figura 42 -	Número de grãos por vagem (NGV) de feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019.....	78
Figura 43 -	Massa das vagens (MV) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019.....	80
Figura 44 -	Produtividade de grãos (PROD) do feijão Canapu em função das doses de fósforo e parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores observados dos elementos climáticos, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação e evapotranspiração estimada pelo modelo FAO Penman-Monteith durante o período de execução dos experimentos. Iguatu, Ceará, 2019.....	29
Tabela 2 -	Valores da análise química do solo da área experimental, na camada de 0 a 0,2 m. Iguatu, Ceará, 2018.....	29
Tabela 3 -	Valores da análise física do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m. Iguatu, Ceará, 2019.....	30
Tabela 4 -	Valores do coeficiente de cultura, utilizados em diferentes fases do feijão caupi, cultivar Setentão.....	36
Tabela 5 -	Porcentagens de fósforo aplicadas nos parcelamentos. Iguatu, Ceará, 2018.....	41
Tabela 6 -	Lâmina de irrigação aplicada na cultura do feijão Canapu para cada tratamento. Iguatu, Ceará, 2019.....	45
Tabela 7 -	Valores médios da massa fresca (MF) e seca (MS) das coberturas do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	45
Tabela 8 -	Resumo da análise de variância para: comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) em função da cobertura do solo e da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019.....	46
Tabela 9 -	Resumo da análise de variância para comprimento da vagem (CV), massa da vagem (MV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagens (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019.....	55
Tabela 10 -	Resumo da análise de variância para: comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar	66

(AF) em função do parcelamento e da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para: comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) em função do parcelamento e da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1</b>	<b>Hipóteses.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Cultura do feijoeiro .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Manejo de irrigação.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Lâmina de irrigação.....</i></b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Cobertura do solo .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Adubação fosfatada.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>Fertirrigação.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.1</b>	<b><i>Parcelamento da fertirrigação .....</i></b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Localização da área experimental.....</i></b>	<b>28</b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Clima.....</i></b>	<b>28</b>
<b>4.1.3</b>	<b><i>Solo.....</i></b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Cultura.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Preparo do solo.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Cobertura do solo.....</b>	<b>31</b>
<b>4.5</b>	<b>Sistema de irrigação.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6</b>	<b>Manejo de irrigação.....</b>	<b>35</b>
<b>4.7</b>	<b>Instalação e condução da cultura no campo.....</b>	<b>38</b>
<b>4.7.1</b>	<b><i>Semeadura e estabelecimento da cultura.....</i></b>	<b>38</b>
<b>4.7.2</b>	<b><i>Manejo da adubação.....</i></b>	<b>39</b>
<b>4.8</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>39</b>
<b>4.9</b>	<b>Área experimental.....</b>	<b>39</b>
<b>4.9.1</b>	<b><i>Experimento I: Cobertura do solo e lâmina de irrigação.....</i></b>	<b>40</b>
<b>4.9.2</b>	<b><i>Experimento II: Parcelamento e dose de fósforo.....</i></b>	<b>41</b>
<b>4.10</b>	<b>Variáveis analisadas.....</b>	<b>42</b>

<b>4.10.1</b>	<b><i>Variáveis vegetativas</i></b> .....	<b>42</b>
4.10.1.1	<i>Comprimento do ramo principal</i> .....	42
4.10.1.2	<i>Diâmetro do caule</i> .....	42
4.10.1.3	<i>Massa fresca e seca da parte aérea</i> .....	43
4.10.1.4	<i>Área foliar</i> .....	43
<b>4.10.2</b>	<b><i>Variáveis de produtividade</i></b> .....	<b>43</b>
<b>4.11</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Experimento I: Cobertura do solo e lâmina de irrigação</b> .....	<b>45</b>
<b>5.2</b>	<b>Experimento II: Parcelamento e dose de fósforo</b> .....	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), conhecido também por feijão de corda, é uma fonte de renda alternativa e considerado alimento básico da população da região Nordeste do Brasil, especialmente, para as populações mais pobres da zona rural (CALVET *et al.*, 2013). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2019), na safra 2018/2019, foram semeados 921,6 mil hectares com a cultura e a produtividade média nacional foi estimada em 1.078 hg ha<sup>-1</sup>.

Em regiões áridas e semiáridas, onde a água para a irrigação é vital para o atendimento total ou parcial da necessidade hídrica das culturas, os métodos de manejo da irrigação são necessários para melhorar a eficiência do uso da água. Nessas regiões, a agricultura irrigada é uma das alternativas importantes para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2010a).

De acordo com o boletim da FAO, com o passar dos anos, a irrigação assumiu um papel muito significativo nas áreas de produção, visto que há previsão da expansão das áreas irrigadas, buscando o aumento na produtividade, obtendo, assim um melhor aproveitamento das áreas, a fim de suprir a demanda mundial de alimentos que aumenta progressivamente (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012).

O feijão-caupi possui boa adaptabilidade as condições adversas, contudo para a obtenção de elevadas produtividades de grãos, é necessária uma disponibilidade adequada de água, para que se obtenha uma boa produção (AZEVEDO *et al.*, 2011).

Existem diversas formas que possibilitam a disponibilidade de água e aumento na produtividade das culturas, uma delas é utilização de plantas em rotação com culturas, tendo seus resíduos incorporados ao solo ou mantidos na superfície, permitindo melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo além do controle de plantas espontâneas (AQUINO; ASSIS, 2005).

Diversos benefícios são conhecidos com a utilização da prática de plantas de cobertura, onde pode-se destacar manutenção da elevada taxa de infiltração de água no solo, evitando o escoamento superficial e a percolação para o lençol freático, promoção de maior segurança às culturas contra a deficiência hídrica, com o aumento da capacidade de retenção de água no solo, disponibilização de nutrientes em associações micorrízicas, mobilização e reciclagem de nutrientes (SOUZA; PIRES, 2002; SILVA *et al.*, 2004).

A seleção de espécies adequadas para cobertura vegetal é fundamental para a manutenção ou elevação da fertilidade do solo, influenciando a produtividade das culturas em

sucessão (HERRADA *et al.*, 2017). Nogueira *et al.* (2006) afirmam que os resíduos da cobertura vegetal, principalmente as leguminosas interferem positivamente, de forma geral, nos componentes produtivos e na produtividade do feijoeiro.

O estado nutricional das culturas é outro aspecto importante para obtenção de altas produtividades. O fósforo (P) é o nutriente responsável por promover o aumento da produção de matéria seca da parte aérea e aumento do número de vagens e massa de grãos, principais componentes de produtividade do feijão (FAGERIA *et al.*, 2003).

Valderrama *et al.* (2009) citam que o uso de fontes fosfatadas de forma fracionada, pode acarretar redução no custo de produção e em menores impactos ambientais, reduzindo as perdas por fixação do P e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade do nutriente para a cultura. A eficiência de absorção de P pelas plantas é dependente da interação entre a dose de fósforo, a fração de solo fertilizado, o teor de fósforo no solo e a capacidade de retenção de fósforo (FERNANDES, 2012).

A fertirrigação com utilização de adubação fosfatada é possível, utilizando como fonte o ácido fosfórico e o MAP. A utilização de ácido fosfórico em sistemas por gotejamento, pode promover aumento da acidez do solo, principalmente na zona próxima ao gotejador (ZANINI *et al.*, 2007). Com isso, é necessário a busca de práticas que consigam determinar formas de utilizar esse adubo químico sem que ocorra prejuízos ao sistema solo-planta.

## **1.1 Hipóteses**

É possível reduzir a lâmina de irrigação com a utilização de cobertura de solo, visto que sua utilização poderá reduzir a evaporação e a temperatura do solo?

O parcelamento da fertirrigação com base na marcha de absorção da cultura pode melhorar o desempenho produtivo do feijão?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação associadas com cobertura do solo, bem como mensurar os efeitos do parcelamento e doses de fósforo aplicadas via fertirrigação na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata L. Walp.*), cultivar Canapu, nas condições edafoclimáticas de Iguatu, Ceará.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Experimento I – Identificar a melhor combinação entre a lâmina de irrigação baseada em percentuais da evapotranspiração da cultura e a cobertura do solo, que maximizem os componentes vegetativos da cultura do feijão-caupi.

Experimento I – Identificar a melhor combinação entre a lâmina de irrigação baseada em percentuais da evapotranspiração da cultura e a cobertura do solo, que maximizem os componentes produtivos da cultura do feijão-caupi.

Experimento II – Identificar a melhor combinação entre a dose de fósforo e o parcelamento, aplicada via fertirrigação, para maximizar os componentes vegetativos da cultura do feijão-caupi.

Experimento II – Identificar a melhor combinação entre a dose de fósforo e o parcelamento, aplicada via fertirrigação, para maximizar os componentes produtivos da cultura do feijão-caupi.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cultura do feijoeiro

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma planta dicotiledônea, autógama pertencente à família *Fabaceae*. O centro de origem dessa leguminosa, para alguns autores é controverso. A mesma pode ser advinda da África, por apresentarem muitas espécies endêmicas encontradas nessa região e uma maior concentração de espécies do gênero (NG; MARÉCHAL, 1985; BA *et al.*, 2004).

Trata-se de uma espécie bem adaptada às condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil, onde é cultivada para a produção de grãos e alimentação humana e animal (ELLIS *et al.*, 1994). No Brasil, a espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp possui vários nomes vulgares, dependendo da região. No Norte, é conhecido como feijão de praia e feijão de estrada, no Nordeste é conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar, no Sul como feijão catador, feijão gerutuba em algumas regiões do estado da Bahia e norte de Minas Gerais e de feijão fradinho, no estado do Rio de Janeiro (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

O feijão-caupi tem grande importância na base alimentar da população das regiões Norte e Nordeste do Brasil (SOARES *et al.*, 2006). Nessas regiões, a produção de feijão-caupi é realizada por pequenos produtores e agricultores familiares, que utilizam ainda práticas agrícolas tradicionais. Pelo seu valor nutritivo, é cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes, visando o consumo humano *in natura*, na forma de conserva ou desidratado. Além disso, o feijão-caupi também é utilizado como forragem verde, feno, silagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2002).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2019), na safra 2018/2019, foram semeados 921,6 mil hectares com a cultura e a produtividade média nacional foi estimada em 1.078 hg ha<sup>-1</sup>.

#### 3.2 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação tem como finalidade fornecer a quantidade de água que a cultura necessita para concluir seu ciclo. Para isso, deve-se escolher: o método que deve ser utilizado, o intervalo entre aplicações de água e a quantidade de água aplicada para as culturas.

Existem vários métodos de manejo de irrigação, essas técnicas de manejo podem ser agrupadas em quatro categorias o manejo via as medições de água no solo, o manejo via o balanço hídrico com base em dados meteorológicos, o manejo usando informações da planta ou ainda baseado em dados de sensoriamento remoto.

Figueirêdo *et al.* (2009) ressaltam que a prática de irrigação deve ser usada de forma racional, uma vez que as condições de clima do Nordeste, que tem como característica altas temperaturas e baixa pluviosidade, ligadas a prática inadequada da irrigação têm causado salinização dos solos da região.

Segundo Hernandez (1994), existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de manejo da irrigação, que vão desde simples turnos de rega a completos esquemas de integração do sistema solo-água-planta-atmosfera. Entretanto, reconhece-se que, ao agricultor, devem ser fornecidas técnicas simples, mas com precisão suficiente para possibilitarem, no campo, a determinação criteriosa do momento e da quantidade de água a ser aplicada.

### **3.2.1 Lâmina de irrigação**

Bernardo *et al.* (2009) definem lâmina de irrigação 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 autores, a determinação de uma adequada lâmina é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. A lâmina de irrigação é decisiva para o sucesso da produtividade dos cultivos (SOUZA; ANDRADE, 2010).

A estimativa da lâmina de irrigação a ser aplicada é de grande dificuldade, mas é indispensável para a prática de uma irrigação (REICHARDT, 1990). 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.

Viana *et al.* (2012) afirmam que a utilização da lâmina de água subdimensionada na irrigação, causa estresse pela falta de água e 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.

Segundo Brito *et al.* (2016) as fases fenológicas mais sensíveis ao déficit hídrico da cultura do feijão são as de florescimento e de enchimento de grãos. Para diminuir ou amenizar os efeitos do estresse hídrico sobre a produtividade é necessário a adoção de técnicas

conservacionistas que aumentem a eficiência de uso da água e diminuam as perdas de água pela cultura (LYRA *et al.*, 2010).

Andrade *et al.* (1993), obtiveram valores de evapotranspiração da cultura (ETc) para o feijão-caupi de 5,0 mm dia<sup>-1</sup>, no início do ciclo, até atingir um pico de 9,0 mm dia<sup>-1</sup>, aos 32 dias após o plantio, quando a cultura alcançou pleno desenvolvimento vegetativo, na região de Tabuleiros Costeiros, Parnaíba- PI. A demanda hídrica em todo o ciclo foi de 380 mm, correspondendo a um consumo médio de 6,3 mm dia<sup>-1</sup>.

O consumo hídrico diário dificilmente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento (NASCIMENTO, 2009). No período compreendido entre o pleno crescimento, florescimento e enchimento de vagens, seu consumo pode se elevar para 5,0 a 5,5 mm diários, conforme relatados por (BEZERRA; FREIRE FILHO, 1984).

Oliveira (2013), com objetivo de estudar a densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação, encontrou produtividade máxima de 1.668,86 kg ha<sup>-1</sup> alcançado com a lâmina de 390,9 mm associada à densidade de 24,1 plantas m<sup>-2</sup>.

O feijão é sensível ao estresse hídrico, com reduzida capacidade de recuperação, e sistema radicular pouco desenvolvido (BACK, 2001). Do ponto de vista pluviométrico, geralmente, as exigências hídricas são consideravelmente satisfeitas, visto que exigem um mínimo de 300 mm de precipitação pluvial que, se bem distribuídos durante o período de crescimento da cultura, oferecem boa colheita (CAMPOS *et al.*, 2010). As regiões cujos regimes pluviométricos oscilem entre 250 e 500 mm anuais são consideradas aptas para a implantação da cultura (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2002).

### 3.3 Cobertura do solo

O emprego de cobertura vegetal, quando manejada corretamente utilizando-se espécies de plantas em sistemas de consorciação, rotação ou sucessão, em áreas cultivadas com culturas comerciais tendem a melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ROSA, 2018). Os resíduos das espécies de plantas de cobertura, protegem o solo, promovem a ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as culturas sucessoras (MARCELO *et al.*, 2012).

A escolha de espécies de plantas de cobertura, de preferência da família *Fabaceae* possuem grande vantagem pois além da produção de matéria seca para cobertura e conservação do solo, ocorre também a introdução do nitrogênio no sistema de produção (ROSA, 2018). As espécies de cobertura dessa família apresentam menor relação carbono/nitrogênio (C/N) devido

a sua capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, com aumento do teor e disponibilidade de nitrogênio nos solos (LOPES *et al.*, 2004).

O uso de espécie de plantas da família *Fabaceae*, com a função de cobertura do solo, proporciona um aproveitamento de 40% do N pela cultura sucessiva. Ambrosano *et al.* (2009) ressaltam que a utilização de espécie de plantas da família *Poaceae*, que tem elevada relação C/N, pode ocasionar a competição com a cultura sucessora e os microrganismos decompositores, pelo nitrogênio. Com isso, a escolha da planta de cobertura é de grande importância em função de sua finalidade, pois poderá influenciar nos teores de nitrogênio no solo, promovendo mudanças na adubação nitrogenada, principalmente na cultura principal (NOGUEIRA *et al.*, 2011).

Teixeira *et al.* (2011) ressaltam que se o objetivo é a cobertura do solo, sugerem a escolha de plantas que possuam maior relação C/N, com decomposição mais lenta, gramíneas, contudo se a finalidade é o fornecimento de nutrientes, em curto espaço de tempo para a cultura sucessora, deve-se escolher plantas com menor relação C/N, leguminosas.

A camada de cobertura morta sobre o solo protege o mesmo contra a perda de água, favorece a criação de um microclima úmido, serve de reservatório de água e facilita o desenvolvimento de microrganismos benéficos a frutificação (STAMETS; CHILTON, 1983).

A matéria orgânica é capaz de influenciar de forma positiva a retenção de nutrientes de plantas e diminuir as perdas por lixiviação; com a decomposição de restos vegetais ocorre a melhoria da estrutura do solo, que, conseqüentemente, melhora a relação água - ar, além de aumentar a infiltração de água, a retenção de água e nutrientes no solo, contribuindo para o desenvolvimento mais adequado das raízes (EIRAS; COELHO, 2011).

O emprego da cobertura morta sobre o solo favorece a manutenção de água, com conseqüente redução da evaporação, principalmente em regiões de baixo regime pluviométrico e má distribuída (LIMA, 2011). Isso se dá principalmente pelo fato de que a evaporação é, em geral, mais facilmente manejada em agroecossistemas do que a transpiração de uma planta cultivada (GLIESSMAN, 2005).

Existem diversas espécies de leguminosas: mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Andreola *et al.* (2000) mostraram em estudo com plantas de mucuna em cobertura do solo incrementaram em 32% a produtividade do feijão em comparação ao solo sem cobertura.

### 3.4 Adubação fosfatada

O fósforo (P) é constituinte da molécula de ATP, adenosina trifosfato, produzida pelos processos de respiração e fotossíntese. Limitações na disponibilidade de P, no início do ciclo vegetativo, podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P em níveis adequados (GRANT *et al.*, 2001; FERNANDES, 2012). Participa também como componente estrutural dos ácidos nucleicos de DNA, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos. Esse elemento é muito importante, também, na floração, frutificação e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (MALAVOLTA *et al.*, 2002).

Segundo Campelo (2012) o principal sintoma de uma planta com deficiência de fósforo é o surgimento, nas folhas mais velhas, de uma coloração verde mais escura, pois ocorre um aumento na formação de clorofila e uma redução na expansão da área foliar e no número de folhas. Blevins (1999) ressalta que a deficiência severa de P nas raízes de algumas plantas pode provocar o alongamento e afilamento mais que o normal das mesmas.

O fósforo é absorvido pela raiz através do contato desse elemento, presente na solução do solo, com o sistema radicular da planta, sendo esse contato realizado principalmente pelo processo de difusão, ou seja, o nutriente percorre curtas distâncias a favor de um gradiente de concentração (MALAVOLTA, 2003).

O baixo teor de P disponível no solo é uma grande limitação nutricional na produção agrícola nos trópicos, sendo que, de acordo com Arf (1994), é o nutriente que mais influencia na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros. No entanto, é baixa a eficiência da adubação fosfatada, pois grande parte do P acrescentado torna-se imóvel ou não disponível às plantas, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

O ácido fosfórico, utilizado como adubo, apresenta a vantagem de baixar o pH da água de irrigação, contribuindo para a redução da possibilidade de ocorrer precipitação de carbonatos e obstrução dos emissores (SILVA; MAROUELLI, 2001).

Fernandes (2012) ressalta que a eficiência de absorção de P pelas plantas é dependente da interação entre a dose de fósforo, a fração de solo fertilizado, o teor de fósforo no solo e a capacidade de retenção de fósforo. Assim, doses menores de fósforo são mais eficientes quando misturadas com pequenas frações de solo e, à medida que as doses aumentam, frações intermediárias de mistura com o solo são mais eficientes (MARCOLAN, 2007).

Silva *et al.* (2010a) observaram que independente da forma como o fertilizante foi

aplicado, a dose recomendada de P ( $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ) para a cultura do feijão-caupi não foi suficiente para proporcionar as maiores produções.

Avaliando doses e forma de aplicação de fósforo, Silva *et al.* (2010b) concluíram que a dose de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  proporcionou maior produtividade de grãos de feijão caupi, cultivado em um Latossolo Amarelo.

### 3.5 Fertirrigação

A fertirrigação é a aplicação conjunta de água e fertilizantes ao solo, por meio de sistemas de irrigação. Com a modernização dos sistemas de irrigação e o aumento na qualidade dos fertilizantes líquidos ou de grande solubilidade, o procedimento de fertirrigar tornou-se uma prática de uso amplo em diversos países (COELHO, 1994).

O procedimento de fertirrigar é considerado uma forma bastante eficiente, pois combina dois fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas: água e nutrientes. E dentro do contexto sustentável, a possibilidade da aplicação de fertilizantes, em cada fase do ciclo fenológico da cultura, permite criar um sincronismo entre a exigência nutricional da planta em relação com a quantidade exigente no solo (MANTOVANI *et al.*, 2011).

Os fertilizantes utilizados na fertirrigação devem apresentar as seguintes características: alta solubilidade em água; baixo teor de sólidos; baixa acidez, alcalinidade ou salinidade; apresentar uma facilidade no manuseio; elevada pureza; não reagir com outros produtos químicos ou sais que possam estar presentes na água de irrigação (SANTOS; CRISÓSTOMO, 2000).

Para se atingir boa produtividade agrícola, é necessário que os nutrientes estejam em quantidades adequadas e disponíveis as plantas. Principalmente em solos inférteis, a aplicação de fertilizantes visa repor suas perdas, em que as plantas, a cada ciclo de cultivo extraem esses nutrientes do solo (CAMARGO, 2012).

Estima-se que apenas 1/3 dos fertilizantes aplicados no solo são aproveitados pelas plantas, na adubação convencional. Pois parte é perdida por lixiviação, escoamento superficial e volatilização (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005).

Para Mantovani *et al.* (2011), existem alguns fatores que devem ser levados em consideração para se realizar uma fertirrigação de maneira correta: a escolha de fertilizantes adequados e o seu parcelamento, as exigências nutricionais das culturas, o tipo de solo, a qualidade da água de irrigação, o tipo de injetor utilizado, sua posição e a taxa de injeção, o

tempo, a quantidade e a uniformidade de aplicação dos fertilizantes na água de irrigação.

### **3.5.1 Parcelamento da fertirrigação**

Com a fertirrigação, é possível o fracionamento da aplicação dos fertilizantes atendendo às diferentes etapas de desenvolvimento das plantas, resultando em uma melhor assimilação dos nutrientes e permitindo maior eficiência e economia dos fertilizantes (ROSA *et al.*, 2006). Andrade Júnior *et al.* (2006) citam outras duas grandes vantagens da fertirrigação: menor perda de adubos e melhor distribuição desses no solo.

Para Marouelli *et al.* (2001), o parcelamento da dose dos nutrientes aplicados a cultura contribui para que a fertilidade do solo se mantenha alta durante todo o seu ciclo de crescimento, maximizando assim a absorção de nutrientes pelo sistema radicular. Conceição (2008) diz que época e a frequência de aplicação dos fertilizantes serão dependentes da marcha de absorção de nutrientes da cultura, do manejo da irrigação e do sistema de irrigação empregado.

Freire Filho *et al.* (2005) sugere para recomendação de adubação química para o feijão-caupi de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e de 20 a 60 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Valderrama *et al.* (2009) avaliando fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto, constataram que fontes de N, uréia e uréia revestida, assim como as fontes de P, superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido, não diferiram entre si, em todas as variáveis analisadas e a produtividade de grãos, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

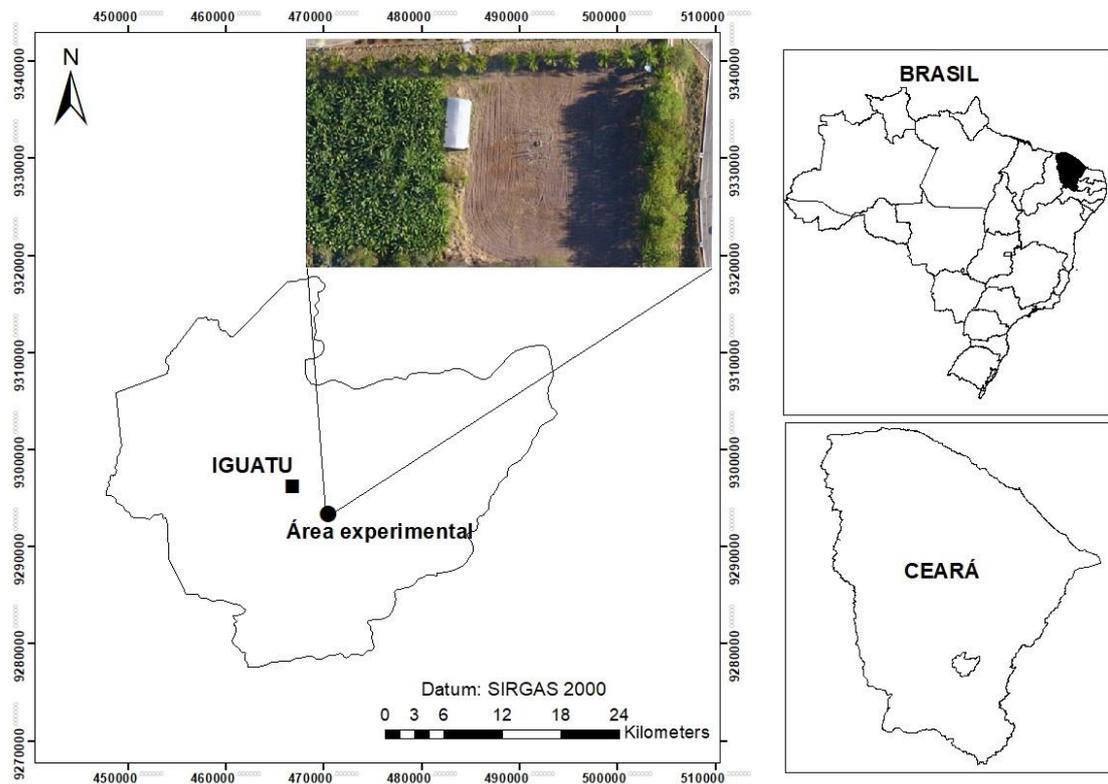
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área experimental

#### 4.1.1 Localização da área experimental

Os Experimentos foram desenvolvidos em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus Iguatu*, Ceará, Brasil (Figura 1), com coordenadas geográficas de 6° 23' 32,9" S, 39° 15' 55,6" O e 217,8 m.

Figura 1 – Localização da área experimental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

#### 4.1.2 Clima

O clima na região é do tipo BSw'h', semiárido quente, segundo a classificação climática de Köppen, com temperaturas médias sempre acima de 18 °C no mês mais frio. A precipitação anual média histórica no município de Iguatu é de  $867 \pm 304$  mm (1932 a 2011), enquanto a evapotranspiração média é de  $1.988 \text{ mm ano}^{-1}$ , com maiores valores

durante os sete meses de menor precipitação (junho a dezembro) (SANTOS *et al.*, 2017).

Os valores observados das variáveis climáticas foram obtidos na estação meteorológica automática, pertencente ao INMET, instalada do *Campus* do IFCE, próximo à área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores observados dos elementos climáticos, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação e evapotranspiração estimada pelo modelo FAO Penman-Monteith durante o período de execução dos experimentos. Iguatu, Ceará, 2019

Mês	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )	Precipitação (mm)	ETC (mm dia <sup>-1</sup> )
Agosto	28,0	41	2,97	0,00	5,21
Setembro	29,2	42	2,85	0,00	5,31
Outubro	29,6	44	2,99	0,00	5,26
Novembro	30,0	45	3,09	66,40	5,40
Dezembro	27,0	64	2,11	110,60	3,69

Fonte: Estação Meteorológica Automática do INMET. (Iguatu-A319).

#### 4.1.3 Solo

O solo da área experimental foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico (FUNCEME, 2012).

Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade e submetidas à análise de solo para estimativa das características químicas (Tabela 2) e físicas (Tabela 3) conforme os padrões da Embrapa (1997) no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE - *Campus* Limoeiro.

Tabela 2 – Valores da análise química do solo da área experimental, na camada de 0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m. Iguatu, Ceará, 2019

Profundidade	Características Químicas												
	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		dS m <sup>-1</sup>		
	C	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	SB	V	PST	pH	CE
(0,0 a 0,2m)	4,54	7,83	41,0	2,7	29,4	9,8	1,6	N. D.	43,5	100	4	7,1	0,51
(0,2 a 0,4m)	2,98	5,14	12,0	1,95	22,8	8,9	2,0	N. D.	35,6	100	6	7,2	0,54

Fonte: Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE - Campus Limoeiro, 2018

MO= matéria orgânica; PST=Porcentagem de sódio trocável; V%= Saturação por bases –  $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} / CTC) \times 100$ ; CTC = Capacidade de troca de cátions –  $[Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+} + (H^{+} + Al^{3+})]$ ; SB = Soma de bases  $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+})$ .

Tabela 3 – Valores da análise física do solo da área experimental, na camada de 0 a 0,2 m. Iguatu, Ceará, 2018

Características	Profundidade (m)
	0,0 a 0,2
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	388
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	354
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	204
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	54
Classe Textural	Franco – Arenosa
Massa específica do solo (g cm <sup>3</sup> )	1,5

Fonte: Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE - *Campus* Limoeiro, 2018

\*CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação.

## 4.2 Cultura

Nos experimentos foi utilizado a cultivar Canapu do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) (Figura 2).

Figura 2 – Cultura do feijão-caupi, cultivar Canapu. Iguatu, Ceará, Brasil, 2018



Fonte: Autor

## 4.3 Preparo do solo

O preparo da área constitui-se de gradagens cruzadas. Posteriormente, com o

intuito de remover restos culturais do solo, realizou-se limpeza e nivelamento do terreno, com o auxílio de enxada e ciscado, com intuito de eliminar possibilidades de interferências na aplicação dos tratamentos, e, sobretudo, favorecendo a disposição do sistema de irrigação.

#### 4.4 Cobertura do solo

As plantas utilizadas como coberturas mortas no Experimento I foram semeadas dia 9 de agosto de 2018. Para o tratamento C1 não foram utilizadas plantas de cobertura, sendo o tratamento testemunha. Já para as coberturas C2 – Crotalária - *Crotalaria juncea* (Figura 3), C3 – Mucuna-Preta - *Mucuna purpureus* (Figura 4) e C4 – Guandu - *Cajanus cajan* (Figura 5), foram utilizadas densidade de plantio de 30 sementes, 10 sementes e 20 sementes por metro linear no plantio, respectivamente, seguindo recomendações de Merlotti *et al.* (2014).

Figura 3 – Desenvolvimento da cobertura Crotalária - *Crotalaria juncea*. Iguatu, Ceará, 2018



Fonte: Autor.

Figura 4 – Desenvolvimento da cobertura Mucuna-Preta - *Mucuna purpureus*. Iguatu, Ceará, 2018



Fonte: Autor

Figura 5 – Desenvolvimento da cobertura Guandu - *Cajanus cajan* Iguatu, Ceará, 2018



Fonte: Autor

Foram realizadas durante o ciclo das plantas de coberturas irrigações diárias,

repondo a evapotranspiração de referência, sendo aplicado uma lâmina de 263,4 mm em um período de 49 dias, momento em que obtiveram ponto de corte, dia 28 de setembro de 2018 foi feito o procedimento de corte e acamamento das plantas manualmente (Figura 6 “A” e “B”). Antes do corte, foram retiradas plantas de cada parcela, representando 1 m<sup>2</sup> para cálculo da massa fresca e seca das coberturas, posteriormente expressas em kg ha<sup>-1</sup>.

Figura 6 – Corte (A) e acamamento (B) das coberturas sobre o solo. Iguatu, Ceará, 2019

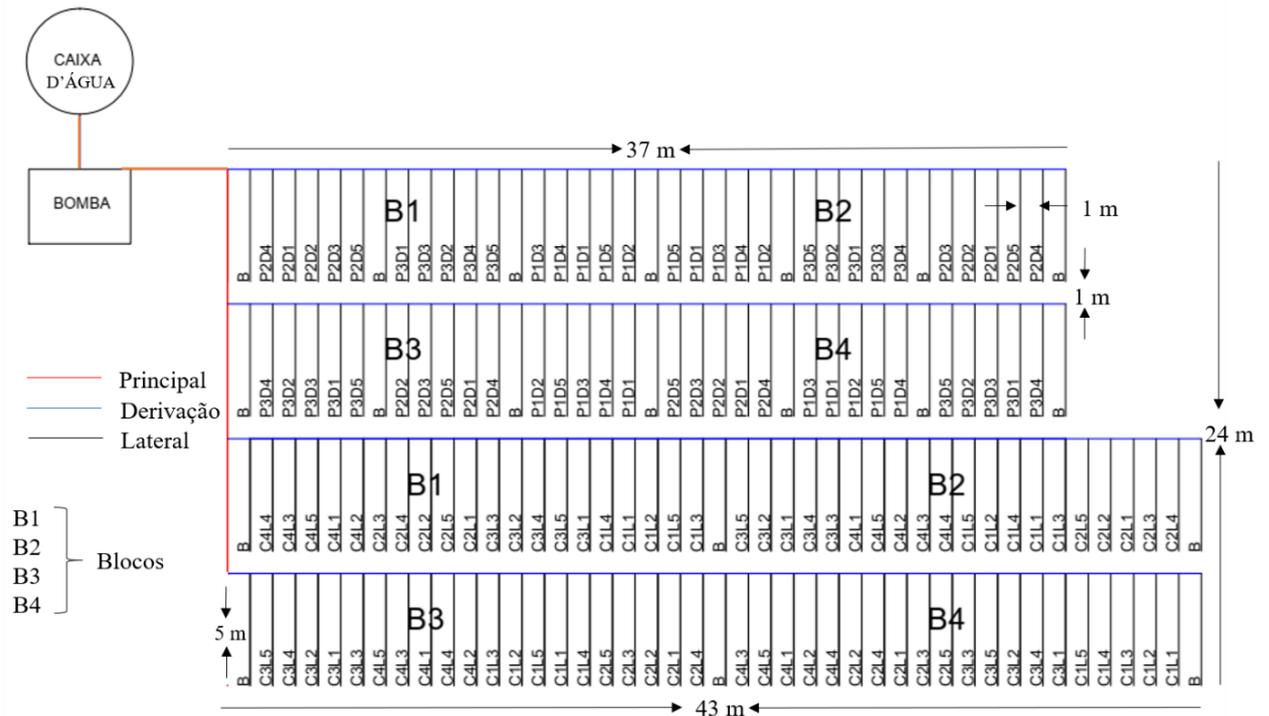


Fonte: Autor

#### 4.5 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação que foi utilizado já se encontrava instalado na área experimental, teve como fonte de alimentação hídrica um poço tubular, com condutividade elétrica da água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ , bombeada e armazenada em um reservatório de capacidade de 3.000 L, e deste bombeada para a área de cultivo (Figura 7).

Figura 7 – Croqui do sistema de irrigação e disposição dos tratamentos dos experimentos em campo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

O método de irrigação adotado foi do tipo localizado, com sistema em gotejamento superficial, com sistema formado por um conjunto motobomba (bomba centrífuga acoplada a um motor de 1 cv); cabeçal de controle, com filtro de disco, manômetro e registros; sistema de injeção de fertilizantes operado por meio de um sistema (*by-pass*), contendo um injetor Venturi; linha principal em PVC (PN 40) com diâmetro nominal (DN) de 50 mm; linhas de derivação em polietileno com DN de 25 mm; registros de 25 mm no início de cada linha de derivação; linhas laterais constituídas por fita gotejadora em polietileno flexível de 16mm de diâmetro, com gotejadores autocompensantes integrados, e espaçados entre si em 0,2 m, com vazão individual de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , a uma pressão de serviço de  $1,0 \text{ kgf cm}^{-2}$  (100 kPA no SI). No início de cada linha

lateral, foi instalado um registro de 16 mm de diâmetro, com a finalidade de controlar a aplicação de água nos tratamentos diferentes.

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizado o teste de uniformidade do sistema por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), estabelecido por Christiansen (1942), obtendo-se um CUC de 98,1%, valor considerado muito bom para o sistema (Equação 1). Foi adotada a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), além do levantamento das condições de pressão e vazão.

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

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$q_i$  - vazão coletada no gotejador de ordem  $i$  ( $L h^{-1}$ );

$\bar{q}$  - média das vazões coletadas nos gotejadores ( $L h^{-1}$ );

$n$  - número de gotejadores coletados.

#### 4.6 Manejo de irrigação

O manejo da irrigação foi conduzido com base na reposição da evapotranspiração diária da cultura, assim a lâmina líquida de irrigação (LL) foi estimada através da evapotranspiração da cultura (ETc) (Equação 3), e manejada diariamente seguindo o balanço hídrico climatológico sequencial, conforme Equação 2.

$$LL = ETc - Pe \quad (2)$$

Em que:

LL - Lâmina líquida de irrigação, mm;

ETc - evapotranspiração da cultura, mm;

Pe - precipitação efetiva, mm.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi calculada conforme equação 3.

$$ETc = ETo \cdot Kc \cdot Kl \quad (3)$$

Em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, mm;

ETo - evapotranspiração de referência, mm;

Kc - coeficiente da cultura para cada estágio de desenvolvimento (adimensional); e,

Kl - coeficiente de ajuste para irrigação localizada

O coeficiente de ajuste para irrigação localizada (Kl) foi obtido em campo utilizando as equações proposta por Fereres (1981). Para fase inicial da cultura, até aos 33 DAS (Dia Após Semeadura), usou-se Kl = 0,515 (Equação 4), e dos 34 DAS até o final do ciclo usou-se Kl = 1,0) (Equação 5), momento em que o porte da cultura era maior.

$$\text{Se } 20\% < P < 65\% \Rightarrow Kl = 1,09 \frac{P}{100} + 0,30 \quad (4)$$

$$\text{Se } P \geq 65\% \Rightarrow Kl = 1,0 \quad (5)$$

Em que:

P – Porcentagem de área molhada, %;

Kl – coeficiente de ajuste para irrigação localizada, adimensional.

Os valores do coeficiente de cultura (Kc) utilizados foram aqueles apresentados por Souza *et al.* (2005), feijão caupi, cultivar Setentão, para as quatro fases do estágio de desenvolvimento (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores do coeficiente de cultura, utilizados em diferentes fases do feijão caupi, cultivar Setentão.

	FASE	DIAS	K <sub>c</sub>
I	Inicial	12	0,70
II	Desenvolvimento vegetativo	21	0,81
III	Floração	21	1,20
IV	Maturação Fisiológica	34	0,77

Fonte: Adaptado de Souza *et al.*, (2005)

A evapotranspiração de referência foi estimada utilizando o método de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN *et al.*, 1998) o qual pode ser observado na equação 6.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (6)$$

Em que:

$ET_o$  - evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;

$R_n$  - saldo de radiação, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

$G$  - Fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

$T_m$  - temperatura média diária do ar, °C;

$u_2$  - velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;

$e_s$  - pressão de saturação de vapor, kPa;

$e_a$  - pressão parcial de vapor, kPa;

$e_s - e_a$  - déficit de saturação de vapor, kPa;

$\Delta$  - declividade da curva de pressão de vapor no ponto de  $T_m$ , kPa °C<sup>-1</sup>;

$\gamma$  - coeficiente psicrométrico, kPa °C<sup>-1</sup>.

Os detalhes dos procedimentos de obtenção das etapas intermediárias podem ser consultados em Allen *et al.* (1998).

A lâmina bruta de irrigação foi estimada conforme a Equação 7.

$$LB = LL \left( \frac{TR}{CUC} \right) \quad (7)$$

Em que:

$LB$  - Lâmina bruta de irrigação, mm;

$LL$  - Lâmina líquida de irrigação, mm;

$TR$  - Turno de rega, dia;

$CUC$  - coeficiente de uniformidade de Christiansen, decimal.

O tempo de irrigação adotado foi quantificado conforme a Equação 8.

$$Ti = \frac{LB \cdot E_L \cdot E_g \cdot F_c}{q_g} \quad (8)$$

Em que:

$Ti$  - tempo de irrigação, h;

LB - Lâmina bruta de irrigação, mm;  
EL - espaçamento entre linhas de irrigação, m;  
Eg - espaçamento entre gotejadores, m;  
Fc - fator de cobertura do solo, adimensional;  
qg - vazão do gotejador, L·h<sup>-1</sup>.

Para o experimento II, a irrigação foi realizada visando repor 100% da evapotranspiração da cultura. O fator de cobertura (Fc) adotado em todos os tratamentos foi de 1,0 ao longo de todo o ciclo da cultura.

## **4.7 Instalação e condução da cultura no campo**

### **4.7.1 Semeadura e estabelecimento da cultura**

A semeadura foi realizada em 5 de outubro de 2018, em ambos experimentos estudados, com espaçamento de 0,2 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras, correspondendo a uma densidade de plantio de 50.000 plantas por hectare. Para garantir a germinação, foram utilizados três grãos por cova a uma profundidade de 3 a 4 cm (Figura 8). A emergência foi iniciada a partir do 3º dia após a semeadura (DAS), aos 12 DAS foi feito o desbaste deixando 1 planta por cova e aos 14 DAS procedeu-se o início da diferenciação dos tratamentos para o experimento I.

Figura 8 – Semeadura do feijão, cultivar Canapu. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Os tratamentos culturais durante a condução dos experimentos consistiram em: desbaste realizado no décimo segundo DAS; três capinas manuais; monitoramento do estado fitossanitário e nutricional realizado durante todo o ciclo da cultura e a duas colheitas manuais aos 78 e 90 DAS.

#### **4.7.2 Manejo da adubação**

As doses de nutrientes recomendada foram calculadas de acordo com a análise de solo (Tabela 3), utilizando-se quantificação referenciada no Manual de adubação e calagem para o estado do Ceará para a cultura do feijão (AQUINO *et al.*, 1993). As doses de nutrientes e fontes comerciais utilizadas foram: 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Uréia - 45% de N); 30 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (ácido fosfórico - 40% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 10 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (Cloreto de potássio - 60% de K<sub>2</sub>O).

### **4.8 Delineamento experimental**

O delineamento experimental adotado foi o de parcelas subdivididas, com vinte tratamentos e quatro repetições para o experimento I, e quinze tratamentos e quatro repetições para o experimento II. Cada repetição era representada por um bloco, contendo 20 e 15 parcelas experimentais, respectivamente.

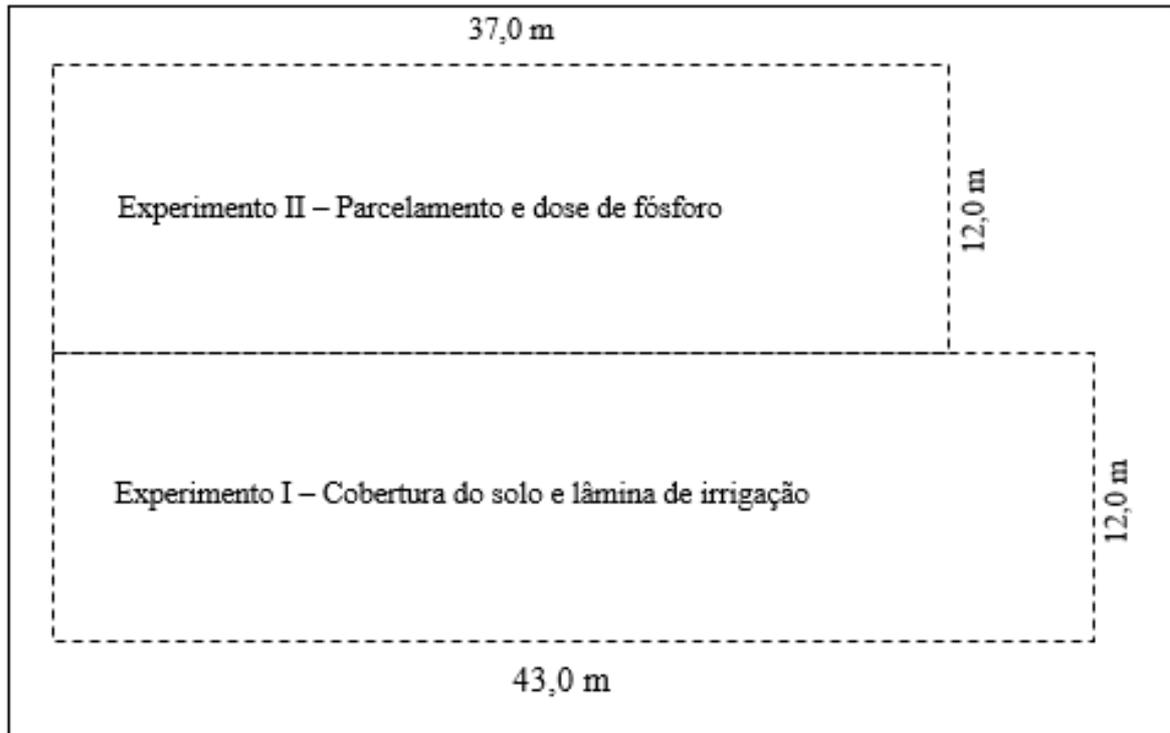
A área individual de cada parcela, para os dois experimentos, foi constituída por 5 m de comprimento (composta por bordaduras de 1 m nas extremidades) e 1 m de largura, resultando em uma área total de 5 m<sup>2</sup> e útil de 3 m<sup>2</sup>, contendo 25 e 15 plantas, respectivamente.

A coleta de dados experimentais e suas respectivas análises ocorreram exclusivamente das plantas localizadas na área útil dos experimentos. Os tratamentos foram aleatorizados dentro dos blocos de acordo com sorteio efetivado.

### **4.9 Área experimental**

A área total ocupada pelo experimento foi de 960 m<sup>2</sup>, sendo subdividida em duas áreas menores de 516 m<sup>2</sup> (12 x 43 m) e 444 m<sup>2</sup> (12 x 37 m), para experimento I e II, constituídas de 86 e 74 linhas de plantas, respectivamente, cultivadas com feijão-caupi para aplicação dos tratamentos (Figura 9).

Figura 9 - Área experimental subdividida onde foi realizada a instalação dos dois experimentos com a cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018



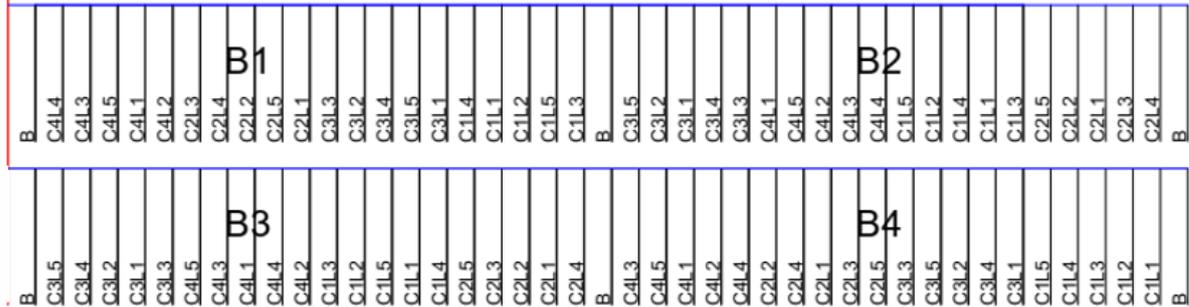
Fonte: Autor

#### 4.9.1 Experimento I: Cobertura do solo e lâmina de irrigação

No experimento I foram avaliados três tipos de cobertura e o controle sem cobertura do solo (C1 – controle, C2 – Crotalária - *Crotalaria juncea*, C3 – Mucuna-Preta - *Mucuna purpureus* e C4 Guandu - *Cajanus cajan*) e cinco lâminas de irrigação (L1- 50%, L2 – 75%, L3 – 100%, L4 – 125% e L5 – 150% da ETC).

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas, com quatro repetições, em um esquema fatorial (4 x 5), totalizando 20 tratamentos sendo as parcelas compostas pelas coberturas do solo e as subparcelas pelas lâminas de irrigação (Figura 10).

Figura 10 - Croqui do experimento com tipos de cobertura e lâminas de irrigação na cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018



Fonte: Autor

#### 4.9.2 Experimento II: Parcelamento e dose de fósforo

No experimento II foram avaliados três parcelamentos do fósforo, sendo (P1 – parcelamento da dose em aplicações semanais com porcentagens diferenciadas de acordo com a marcha de absorção da cultura segundo Vieira (2006), P2 - parcelamento da dose em aplicações semanais com porcentagem iguais e P3 – parcelamento em duas aplicações aos 7 e 28 dias após a semeadura - DAS) e cinco doses de fósforo (D1 - 0, D2 - 50, D3 - 100, D4 – 150 e D5 - 200% da dose recomendada - 30 kg ha<sup>-1</sup>). Porcentagens de fósforo aplicadas nos parcelamentos do fósforo podem ser observadas na Tabela 5.

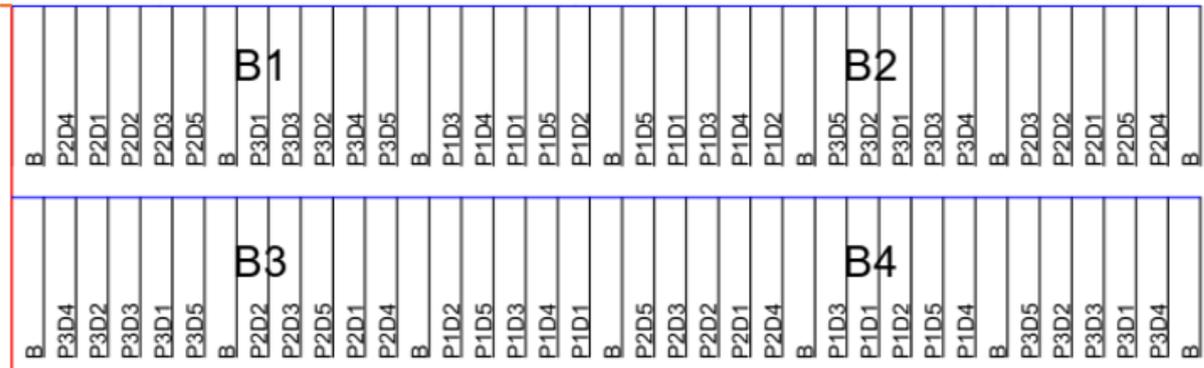
Tabela 5 – Porcentagens de fósforo aplicadas nos parcelamentos. Iguatu, Ceará, 2018

Tratamentos	% de fósforo aplicado dias após semeadura									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
P1	14,9	15,7	13,0	10,8	9,0	7,8	7,1	6,9	7,1	7,9
P2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
P3	50,0	-	-	50,0	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas, com quatro repetições, em um esquema fatorial (3 x 5), totalizando 15 tratamentos, sendo as parcelas compostas pelo parcelamento e as subparcelas pelas doses de fósforo (Figura 11).

Figura 11 – Croqui do experimento com formas de parcelamento e doses de fósforo na cultura do feijão. Iguatu, Ceará, 2018



Fonte: Autor

#### 4.10 Variáveis analisadas

Todas as variáveis descritas a seguir foram igualmente avaliadas em ambos os experimentos.

##### 4.10.1 Variáveis vegetativas

Para avaliação das variáveis vegetativas foi realizada uma coleta de plantas aos 70 DAS (Dia Após Semeadura). As variáveis analisadas foram:

###### 4.10.1.1 Comprimento do ramo principal

Com o auxílio de uma trena métrica, graduada em centímetros (cm), foi mensurado o comprimento do ramo principal, medindo-se do ponto do caule próximo do solo ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta, representando o valor médio referente de quatro plantas avaliadas.

###### 4.10.1.2 Diâmetro do caule

Com o auxílio de um paquímetro digital, em milímetros (mm), foi mensurado o diâmetro do caule, medido a um centímetro do solo, buscando seguir um padrão para todas amostras avaliadas, representando o valor médio referente de quatro plantas avaliadas.

#### 4.10.1.3 *Massas fresca e seca da parte aérea*

Obteve-se da área útil de cada parcela uma amostra, sendo representada por uma planta de cada repetição, onde foi realizado o corte próximo a superfície do solo e posteriormente acondicionadas em sacos de papel previamente identificados, as amostras foram levadas à laboratório onde separou-se caule, folha e foram pesados em balança de precisão para obtenção da massa fresca, posteriormente, as amostras foram colocadas para secagem em estufa com circulação forçada, à temperatura de 65°C até peso constante. As amostras foram pesadas novamente em balança de precisão e obteve-se a massa seca do caule, folha e total.

#### 4.10.1.4 *Área foliar*

Para a estimativa da área foliar, foi utilizado o método descrito por Benicasa (2003) e Cairo *et al.* (2008), em que se utilizou um perfurador de área conhecida (2,01 cm<sup>2</sup>). No momento da pesagem, para obter a massa seca dos discos, dez discos foliares foram retirados de cada amostra, acondicionados em sacos de papel previamente identificados e levados para secagem em estufa com circulação forçada, à temperatura de 65°C até peso constante.

A área foliar (AF) foi mensurada a partir da relação da massa seca das folhas (MSF), área do disco (AD) e massa seca dos discos foliares (MSDF), conforme equação 9, apresentada a seguir.

$$AF = \frac{MSF \cdot AD}{MSDF} \quad (9)$$

Em que:

MSF - massa seca das folhas, g;

AD - área dos discos, cm<sup>2</sup>;

MSDF - massa seca dos discos foliares, g.

#### 4.10.2 *Variáveis de produtividade*

As variáveis de produtividade analisadas foram: comprimento da vagem (CV), massa das vagens (MV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem

(NGV) massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PROD).

Dentro de cada área útil das parcelas foram selecionadas 4 plantas, nas quais foram feitas as colheitas das vagens secas, em cada planta selecionou-se 4 vagens aleatoriamente para determinação do CV, MV, NVP, NGV. A massa média de cem grãos foi realizada tomando-se da produção de grãos colhidas na área útil de cada parcela, 3 amostras aleatórias de cem grãos que foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g. Em seguida, estimou-se produtividade de grãos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **4.11 Análise estatística**

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para as variáveis qualitativas que apresentaram diferença significativa, realizou-se a comparação das médias obtidas pelo teste de Tukey e para as variáveis quantitativas foram analisadas por meio da análise de regressão. As análises foram realizadas utilizando-se dos programas Microsoft Excel<sup>®</sup> (versão 2019), ASSISTAT<sup>®</sup> (versão 7.6beta) (SILVA; AZEVEDO, 2016).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento I: Cobertura do solo e lâmina de irrigação

Na Tabela 6, estão dispostas as lâminas de irrigação que foram aplicadas para cada tratamento correspondentes as estimativas da evapotranspiração da cultura pelo método de Penman-Monteith/FAO.

Tabela 6 – Lâminas de irrigação aplicadas na cultura do feijão-caupi, cultivar Canapu, para cada tratamento. Iguatu, Ceará, 2019

	Tratamento (% ETc)				
	50	75	100	125	150
Lâmina aplicada (mm)	229,36	298,41	368,15	447,42	526,70

Fonte: Autor

De acordo com Doorenbos e Kassan (1979), o ciclo do feijoeiro varia de 60 a 120 dias, com necessidade hídrica variando de 300 a 500 mm, para obtenção de alta produtividade.

Na Tabela 7, é possível observar os valores médios das massas fresca (MF) e seca (MS) de cada cobertura e do tratamento testemunha. Observa-se que houve diferença estatística entre todas as coberturas estudadas no que diz respeito ao aporte de massa fresca e seca sobre a superfície do solo.

Tabela 7 – Valores médios da massa fresca (MF) e seca (MS) das coberturas do solo. Iguatu, Ceará, 2019

Cobertura	MF (kg ha <sup>-1</sup> )	MS (kg ha <sup>-1</sup> )
Controle	0,00 d	0,00 d
Crotalária	5.652,77 a	1.244,60 a
Mucuna-preta	4.371,17 b	947,67 b
Guandu	1.794,85 c	483,77 c

Fonte: Autor

A cobertura solo crotalária foi a responsável pelo maior aporte de massa fresca e seca, no tratamento controle o plantio foi realizado convencionalmente, e entre as coberturas do solo o guandu obteve o menor aporte de massa fresca e seca.

Com relação às variáveis vegetativas da cultura do feijão analisadas, pelo resultado da análise de variância, observa-se que houve influência significativa da interação entre os fatores estudados, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F para todas variáveis, com exceções para: comprimento do ramo principal e diâmetro do caule, sendo que a primeira foi influenciada pela lâmina de irrigação isoladamente, ao passo que a segunda não sofreu influência de nenhum dos fatores estudados (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para: comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) em função da cobertura do solo e da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019

FV	GL	Quadrado médio								
		CRP	DC	MFF	MFC	MFT	MSF	MSC	MST	AF
Bloco	3	2.001,28 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>	2.107,12 <sup>ns</sup>	1.870,73 <sup>ns</sup>	3.319,86 <sup>ns</sup>	4,13 <sup>ns</sup>	10,71 <sup>ns</sup>	10,12 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Cobertura (C)	3	810,42 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	30.914,37**	47.140,17**	103.442,80**	200,40**	1.376,15**	2.585,99**	0,38*
Resíduo (C)	9	559,44	1,85	1.342,31	2.080,46	5.244,94	4,39	5,78	14,64	0,09
Lâmina (Li)	4	4.957,61**	1,48 <sup>ns</sup>	22.631,62**	55.710,14**	141.521,2**	265,78**	1.674,93**	3.245,51**	0,52**
C x Li	12	832,56 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	15.737,79**	4.422,49**	29.905,21**	161,21**	173,34**	369,03**	0,44**
Resíduo (Li)	48	786,52	0,78	10.631,64	1.637,65	3.098,09	5,26	18,72	24,66	0,03
Total	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV - C (%)	-	14,37	11,06	18,25	15,10	14,41	9,14	6,13	6,15	23,24
CV - Li (%)	-	17,04	7,20	16,24	13,40	11,07	10,01	11,02	7,99	14,48

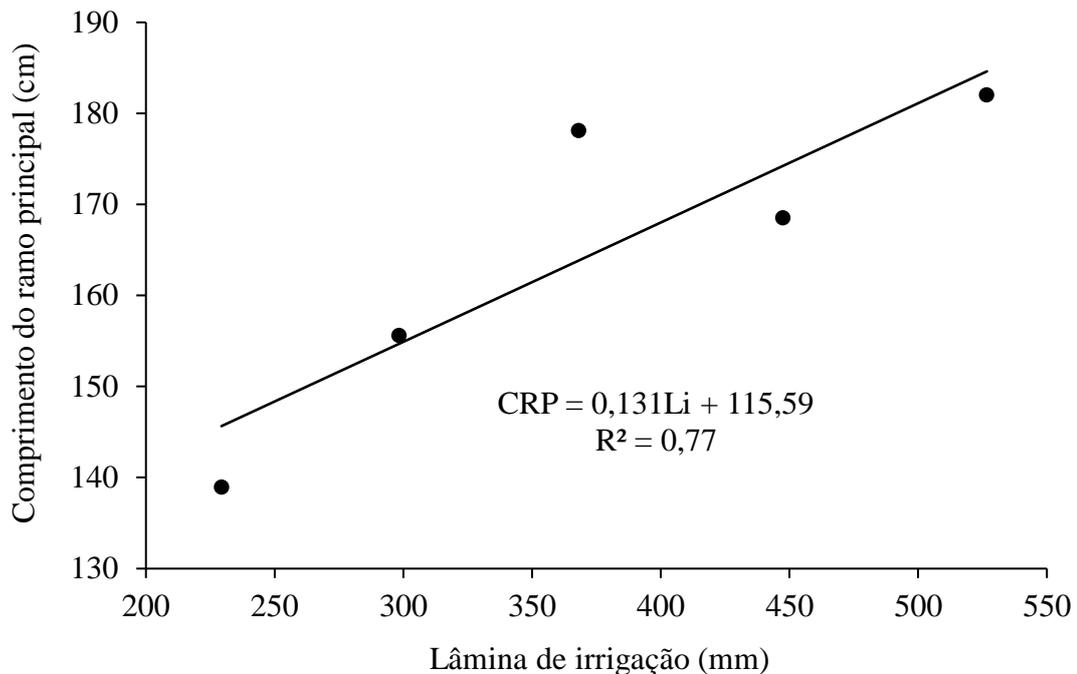
Fonte: Autor

\*\* significativo a 1% pelo teste F; \* significativo a 5% pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

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

O comprimento do ramo principal do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação apresentou modelo linear crescente como resposta de melhor ajuste, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,76, sendo o maior valor encontrado, CRP de 184,61 cm, foi correspondente a maior lâmina avaliada de 526,70 mm (150% ETC) conforme a Tabela 6 (Figura 12).

Figura 12 – Comprimento do ramo principal CRP do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019



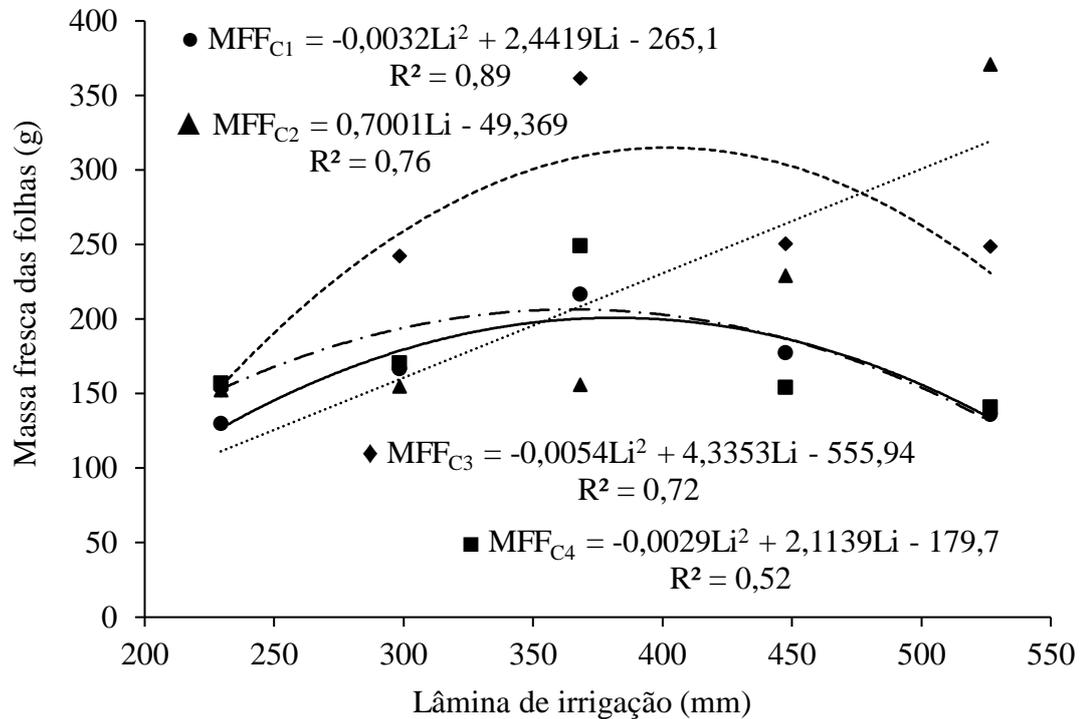
Fonte: Autor

Para o valor de CRP, a cada 10% de aumento na lâmina de irrigação houve um incremento de aproximadamente 3,0 cm no seu valor. Morais *et al.* (2016) obtiveram resposta linear crescente ao estudarem a variável altura das plantas de feijão em função do regime hídrico e época de avaliação, para o tratamento de 100% de reposição aos 75 DAS encontraram valores de 110,7 cm de altura, valor inferior ao resultado desse estudo, possivelmente pelo fato de terem utilizado lâminas inferiores.

Na Figura 13, é possível observar o comportamento da massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Para cobertura C2 o modelo que melhor ajustou-se foi o linear, sendo a maior MFF (319,55 g) correspondente à lâmina de 526,70 mm. Para as coberturas C1, C3 e C4, o modelo polinomial quadrático apresentou melhor ajuste, com  $R^2$  de 0,89; 0,72 e 0,52,

respectivamente, correspondentes aos valores máximos de MFF 200,75; 314,19 e 205,52 g para as lâminas ótimas de 381,55, 401,42 e 364,47 mm para as respectivas coberturas.

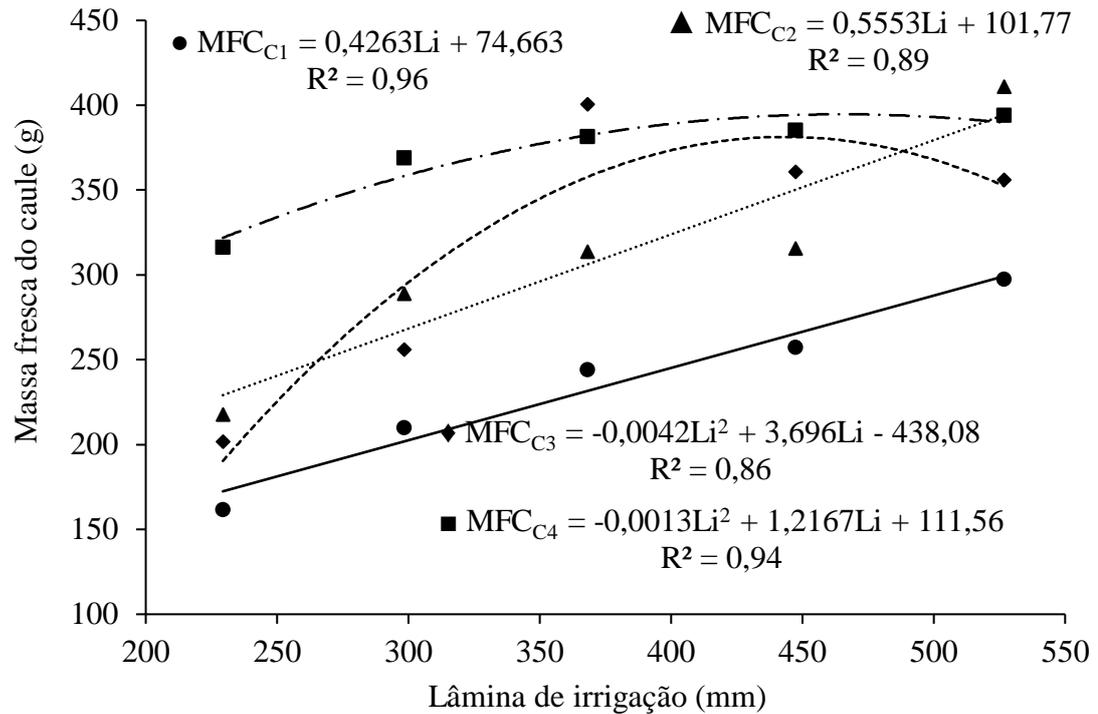
Figura 13 – Massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Na Figura 14, é possível observar o comportamento da massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. O modelo polinomial quadrático, com  $R^2$  de 0,86 e 0,93, foi o que melhor ajustou-se para as coberturas C3 e C4, respectivamente. O modelo permitiu estimar a produção máxima de folhas frescas (MFC 375,04 e 396,24 g) com as coberturas C3 e C4 com as lâminas de irrigação ótimas 440,00 e 467,96 mm. Já, para as coberturas C1 e C2 o linear crescente foi o modelo de melhor ajuste com  $R^2$  de 0,96 e 0,88, respectivamente, correspondendo às maiores produções de folhas frescas (299,28 e 394,36 g), ambas para a maior lâmina estudada de 526,70 mm.

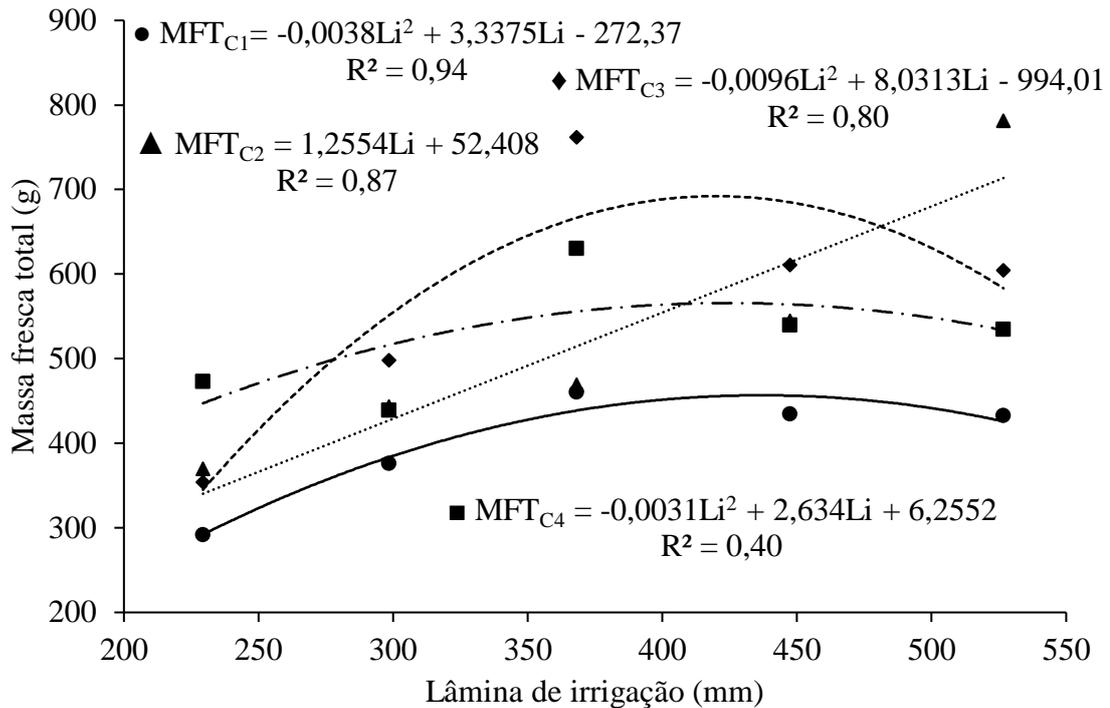
Figura 14 – Massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Na Figura 15, está exposto o comportamento da massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. O modelo polinomial quadrático obteve melhor ajuste para as coberturas C1, C3 e C4, com coeficientes de determinação de 0,94; 0,80 e 0,40, respectivamente. A produção máxima de MFT estimada com os três modelos foi de 460,45; 685,72 e 565,77 g para as lâminas de irrigação estimadas em 439,14; 418,30 e 424,84 mm. Para cobertura C2, o modelo linear crescente foi o que apresentou melhor ajuste, com maior produção de MFT estimada em 713,88 g para lâmina de irrigação de 526,70 mm.

Figura 15 – Massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

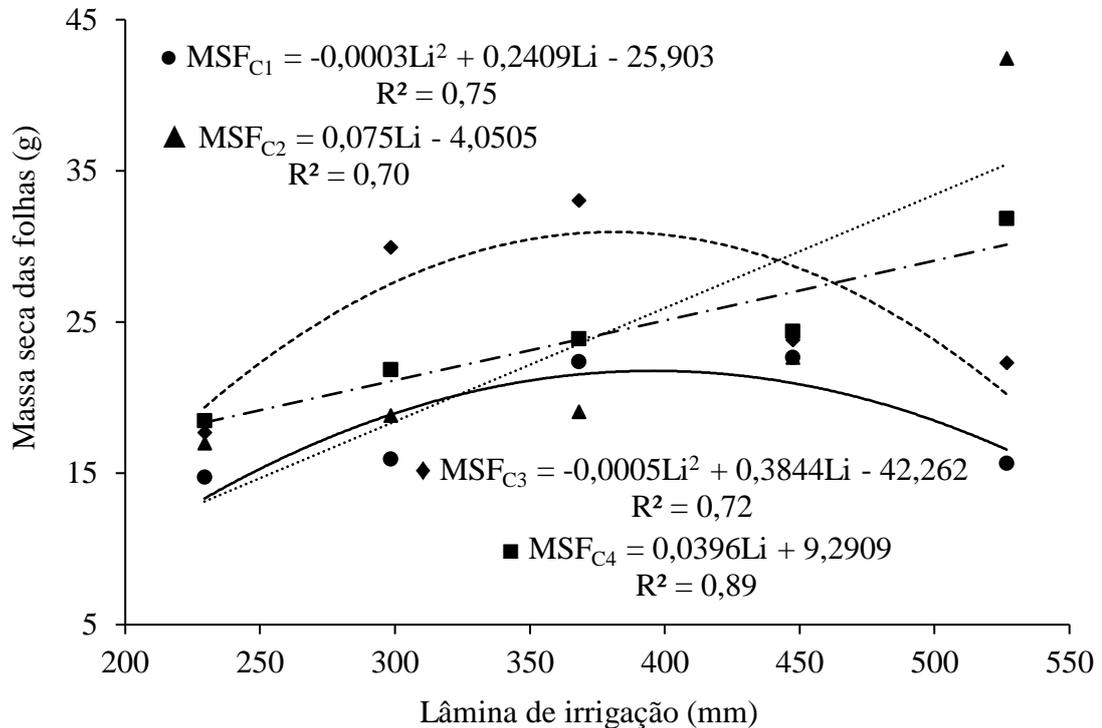
Pode-se observar, realizando um comparativo entre o tratamento testemunha e os tratamentos com cobertura do solo, aplicando-se a lâmina ótima do tratamento testemunha, nos modelos com tratamentos utilizaram cobertura do solo, observou-se que houve incremento para as variáveis: MFF (8,47; 55,45 e 1,96%), MFC (25,16; 34,84 e 25,65%) e MFT (31,11; 48,02 e 22,73%) para C2, C3 e C4, respectivamente.

A cobertura do solo C3 (mucuna preta) foi responsável pelos maiores incrementos nas variáveis massa fresca: das folhas, caule e total, sendo responsável pela segunda maior produção de matéria fresca e seca (Tabela 7). Possivelmente, a cobertura do solo C2 (crotalária), que apresentou maior acúmulo de matéria fresca e seca, pode ter influenciado negativamente na massa fresca: das folhas, do caule e total, isso pode ter ocorrido devido excesso de água no solo, possivelmente fez com que interferisse no processo de transpiração nas plantas.

Na Figura 16, está exposto o comportamento da massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Para as coberturas C1 e C3, o modelo polinomial quadrático obteve o melhor ajuste com  $R^2$  de 0,75 e 0,72, respectivamente, permitindo estimar os valores máximos da MSF 22,46 e 31,62 g para as lâminas de irrigação ótimas 401,5 e 384,4 mm, respectivamente. Já, para as coberturas C2 e C4, o

modelo linear crescente foi o que obteve melhor ajuste,  $R^2$  0,70 e 0,89, estimando-se as maiores produções de MSF em 35,47 e 30,16 g, para uma lâmina de 526,7 mm.

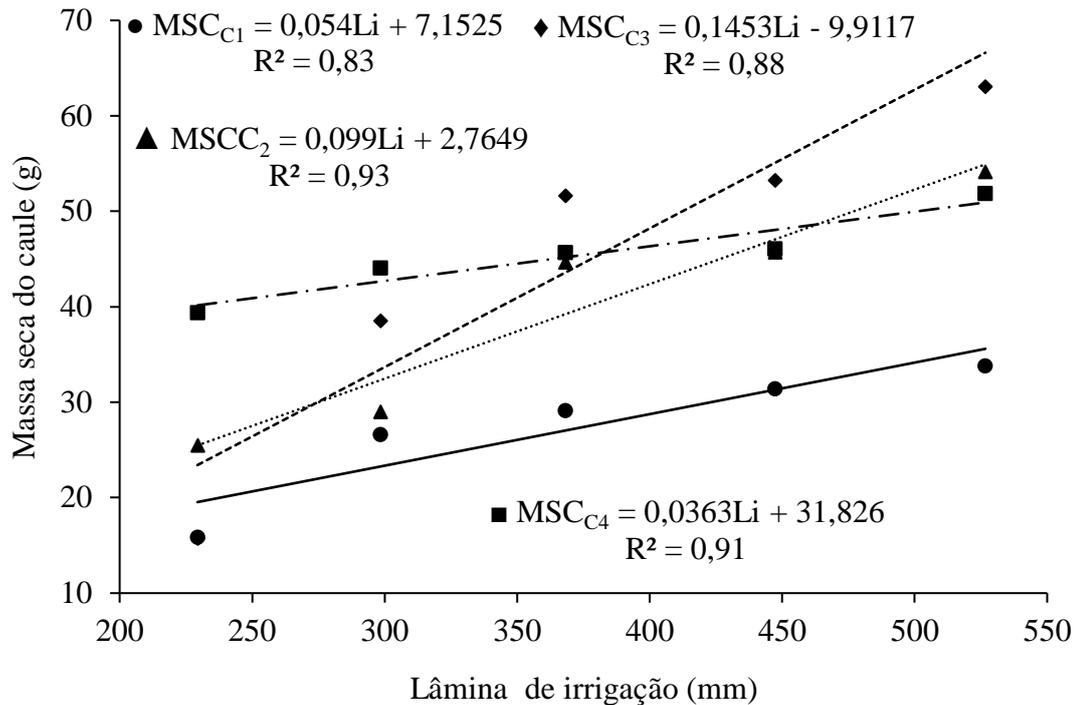
Figura 16 – Massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Na Figura 17, está exposto o comportamento da massa fresca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. O modelo linear crescente foi o que melhor ajustou-se aos dados, com  $R^2$  de 0,99; 0,92; 0,75 e 0,90, para as coberturas C1, C2, C3 e C4, respectivamente. Os maiores valores de MSC (35,61; 54,93; 66,65 e 50,95 g) foram estimados para maior lâmina estudada de 526,70 mm.

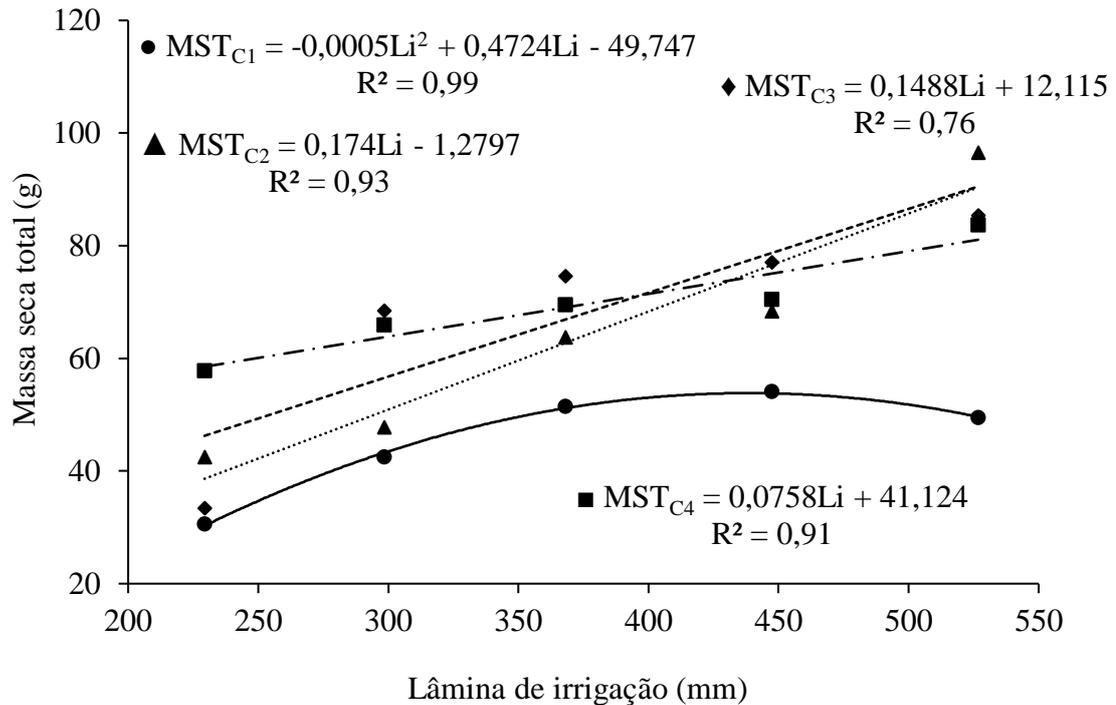
Figura 17 – Massa seca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Na Figura 18, é possível observar o comportamento da massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. O modelo polinomial quadrático obteve melhor ajuste para a cobertura C1, com  $R^2$  de 0,99, permitindo estimar o valor máximo da MST em 61,83 g para uma lâmina ótima de 472,4 mm. Já, para as coberturas C2, C3 e C4 o modelo linear crescente, com  $R^2$  de 0,99; 0,92 e 0,75, respectivamente, com valores máximos de MST estimados em 90,40; 90,52 e 81,06 g para lâmina de irrigação máxima 526,70 mm.

Figura 18 – Massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Pode-se observar nas Figuras 16 e 18, realizando um comparativo entre o tratamento controle e os tratamentos com cobertura do solo, aplicando-se a lâmina de irrigação ótima do tratamento testemunha, nos modelos cujos tratamentos utilizaram cobertura do solo. Foi possível observar que houve incremento para as variáveis: MSF (40,15; 16,05 e 12,17%), e MST (30,86; 33,27 e 24,42%) com as coberturas C2, C3 e C4, respectivamente, em comparação com C1. Para a variável MFC (Figura 17), cujo modelo de melhor ajuste foi o linear, houve um incremento de 54,27; 87,18 e 43,1% para C2, C3 e C4, respectivamente. De modo geral, a melhor cobertura do solo foi a C3, seguida de C2 e C1, de acordo com os maiores incrementos na variável.

Gomes *et al.* (2000), avaliando o acúmulo de biomassa em cultivares de feijoeiro com e sem irrigação no Rio de Janeiro, encontraram valores de MSF variando de 117,2 a 177,4 g m<sup>-2</sup> e valores médios de MSC variando de 101,6 a 187,3 g m<sup>-2</sup>, aos 70 DAS, para cultivares avaliadas sob irrigação.

Os menores valores observados foram obtidos para os tratamentos que recebiam lâmina de irrigação abaixo de 100% da ETc. Leite e Virgens Filho (2004) ressaltam que o déficit hídrico estimula o fechamento dos estômatos, com isso as plantas reduzem o conteúdo de água nas folhas, acarretando a redução da transpiração e provocando redução

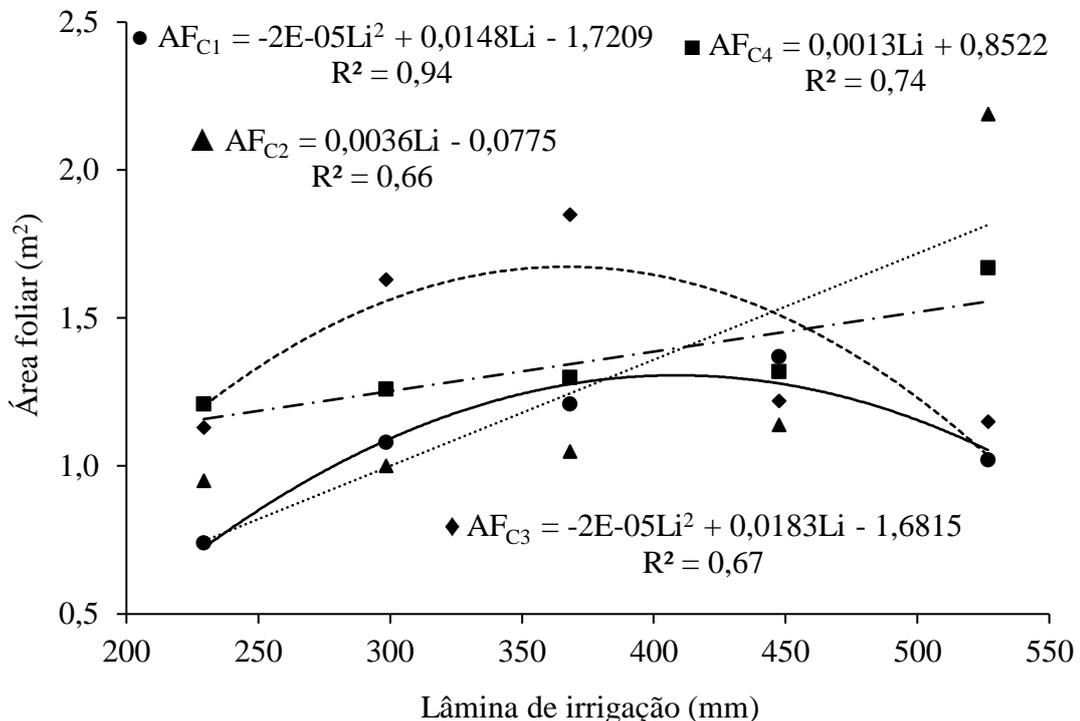
da produção de massa total das plantas de feijão-caupi.

Andrade Júnior *et al.* (2014), avaliando cultivares de feijão-caupi em função do regime hídrico em Bom Jesus, Piauí, encontraram valores máximos para a MST (70,41 e 84,92 g) para lâminas de irrigação ótimas de 401,9 e 473,4 mm, para cultivares ‘BRS Aracê’ e ‘BRS Tumucumaque’, respectivamente.

Bastos *et al.* (2002), avaliando as variáveis de crescimento do feijão-caupi, em Teresina, Piauí, sob diferentes regimes hídricos, observaram que a MST apresentou maior acúmulo de matéria seca para a cultivar BR 17 – Gurguéia (160 g planta<sup>-1</sup>) para o tratamento de maior disponibilidade de água (455 mm).

Na Figura 19, é possível observar o comportamento da área foliar (AF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Para as coberturas C1 e C3, o modelo polinomial quadrático apresentou melhor ajuste com R<sup>2</sup> de 0,93 e 0,66, respectivamente. Estimaram-se, com os modelos, os valores máximos de AF 1,02 e 2,5 m<sup>2</sup> para as lâminas de irrigação ótimas 370 e 457,5 mm, respectivamente. Já, para as coberturas C2 e C4, o modelo linear crescente foi o que apresentou melhor ajuste, R<sup>2</sup> de 0,65 e 0,74, os valores máximos de AF (1,82 e 1,54 m<sup>2</sup>), foram estimadas para a lâmina de irrigação de 526,7 mm.

Figura 19 – Área foliar (AF) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Pode-se observar, ao realizar um comparativo do tratamento testemunho com os que os que utilizaram plantas na cobertura do solo, que para variável AF houve incrementos em 23,34; 131,2 e 31,08% para C2, C3 e C4, respectivamente, em relação a C1, utilizando a lâmina ótima de 370 mm, aproximadamente 100% da ETc. Pode-se destacar novamente que o maior incremento foi observado para a cobertura C3.

Bastos *et al.* (2012), avaliando diferentes regimes hídricos na cultura do feijão-caupi, em Teresina, Piauí, observaram que a redução da disponibilidade de água afetou diretamente a área foliar das plantas.

A estimativa da área foliar é importante no que diz respeito a inúmeras variáveis fisiológicas, como: a taxa de crescimento relativo, fotossíntese, respiração e transpiração (PEIXOTO; PEIXOTO, 2009).

Souza *et al.* (2016), avaliando a área foliar nas plantas de feijão Caupi cv. BRS Pujante no solo com e sem cobertura, Campina Grande, Paraíba, observaram os maiores valores de área foliar aos 45 DAS de 1,82 e 1,53 m<sup>2</sup>, respectivamente, sob disponibilidade de 75% de água no solo.

Com relação às variáveis de produtividade da cultura do feijão-caupi analisadas, pelo resultado da análise de variância, observa-se que houve efeito significativo para a interação entre os tratamentos lâmina de irrigação e cobertura do solo, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F para produtividade de grãos e 5% para variáveis: comprimento da vagem e massa de cem grãos, para as demais variáveis observou-se influência dos fatores lâmina de irrigação e/ou cobertura do solo de forma isolada ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F(Tabela 9).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para comprimento da vagem (CV), massa da vagem (MV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagens (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019

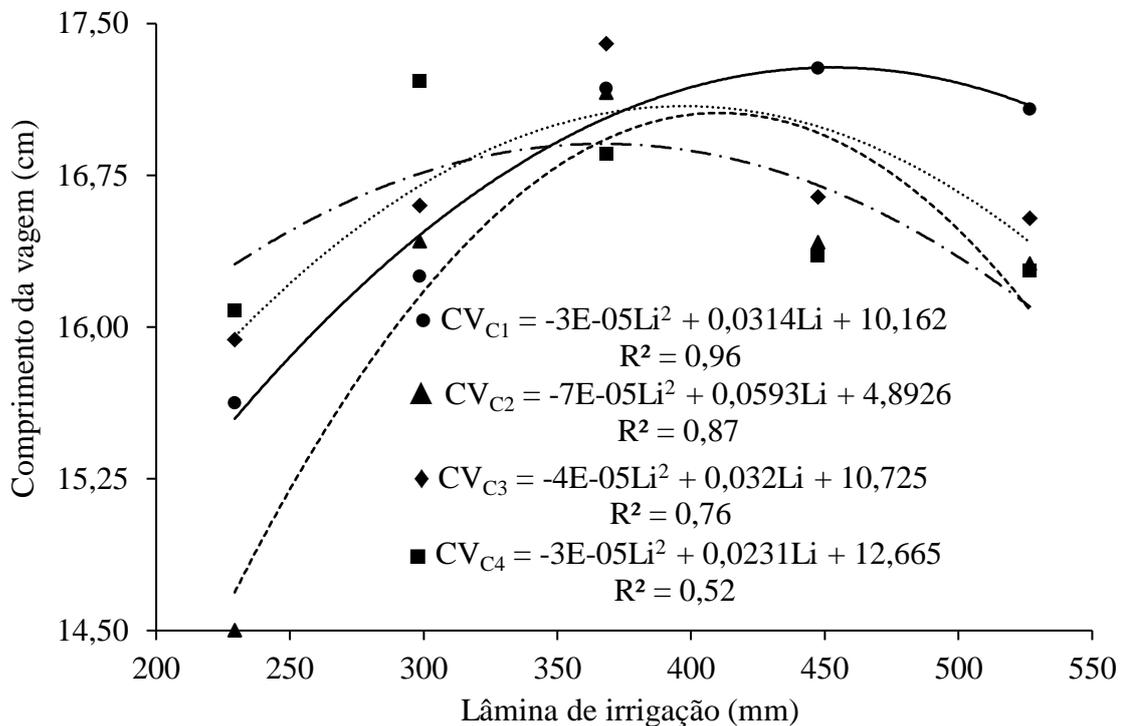
FV	GL	Quadrado médio					
		CV	MV	NVP	NGV	MCG	PROD
Bloco	3	0,55 <sup>ns</sup>	51,73 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	10.086 <sup>ns</sup>
Cobertura (C)	3	0,95 <sup>ns</sup>	585,32**	22,07**	8,67*	1,455 <sup>ns</sup>	92.2701**
Resíduo (C)	9	0,45	15,52	0,79	1,85	2,30	5.910
Lâmina (Li)	4	6,22**	1.038,98**	39,03**	9,67**	2,80 <sup>ns</sup>	712.628**
C x Li	12	1,11*	75,54 <sup>ns</sup>	3,16 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	4,34*	131.785**
Resíduo (Li)	48	0,46	55,79	1,88	1,40	2,10	2.445
Total	79	-	-	-	-	-	-
CV - C (%)	-	4,12	15,22	14,60	10,10	6,63	8,56
CV - Li (%)	-	4,14	28,86	22,52	8,79	6,34	5,50

Fonte: Autor

\*\* significativo a 1% pelo teste F; \* significativo a 5% pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.  
FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade.

O comprimento da vagem do feijão foi influenciado pela interação entre a lâmina de irrigação e a cobertura do solo (Figura 20). O modelo polinomial quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados, apresentando  $R^2$  de 0,96; 0,87; 0,76 e 0,52 para os tipos de coberturas C1, C2, C3 e C4, respectivamente. Estimando os valores máximos com base nos modelos obtidos, encontrou-se 18,38; 17,45; 17,13 e 17,11 cm, para as lâminas de irrigação: 523,33; 423,57; 400,00 e 385,00 mm, representando 142; 115; 108 e 104 % da ETc.

Figura 20 – Comprimento da vagem (CV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Analisando os resultados, é possível observar que a cobertura do solo C1 (controle) apresentou maior CV, quando comparada às demais coberturas do solo (8,83; 10,13 e 10,1%) em relação às coberturas C2, C3 e C4, respectivamente. Entretanto, foi necessária uma lâmina de 142% da ETc. Os tratamentos que utilizaram coberturas de solo obtiveram menores valores em relação a C1, mas para os resultados foram necessárias lâminas próximas a 100% da ETc, podendo ser explicado pelo fato que a cobertura do solo pode reduzir as perdas por evaporação, o que proporciona uma maior disponibilidade de

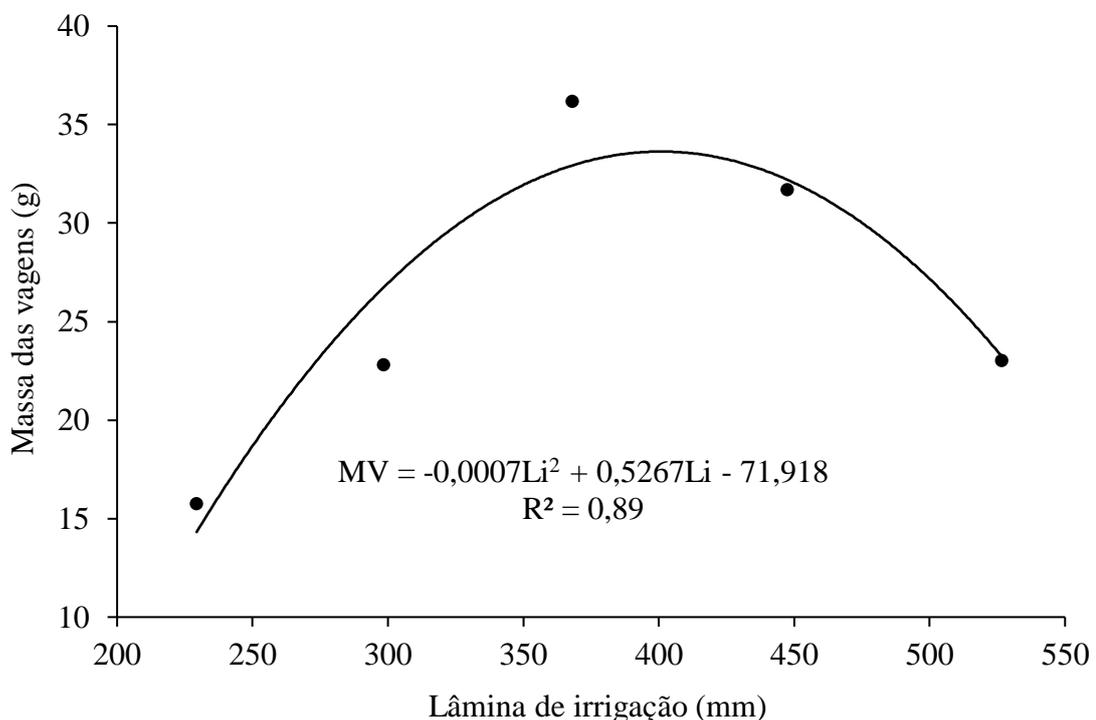
água para cultura.

Oliveira *et al.* (2011), estudando a resposta do feijão-caupi às lâminas de irrigação e dose de fósforo, em Boa Vista, Roraima, não encontraram diferença estatística entre os tratamentos para variável comprimento da vagem, o que difere dos resultados dessa pesquisa, tais resultados devem ser explicados pelo fato das lâminas serem menores (187, 241, 257 e 273 mm), a maior lâmina não atende a 100% da ETc nesse estudo.

Bezerra *et al.* (2017) encontraram valores de comprimento da vagem para as cultivares Canapu Ligeiro e Canapu verdadeiro, de 18,4 e 17,2 cm, respectivamente, estudando o desempenho agrônômico de cultivares crioulos do feijão-caupi para a região do cariri cearense, valores próximos dos obtidos para mesma cultivar utilizada.

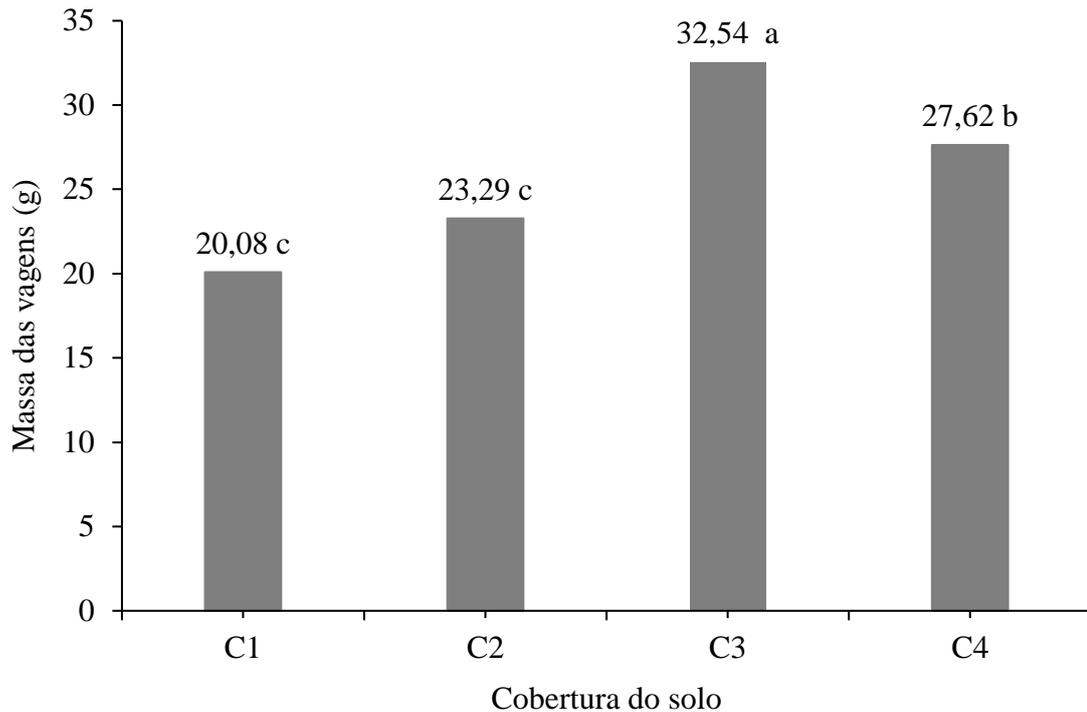
Nas Figuras 21 e 22, observam-se os valores de massa das vagens (MV) do feijão em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo, respectivamente. O modelo polinomial quadrático foi o de melhor ajuste com  $R^2$  de 0,89. A lâmina de irrigação que oportunizaria o valor máximo de MV (27,16 g) foi de 376,21 mm (102,2% da ETc). A cobertura do solo que oportunizaria a maior massa das vagens (32,54 g) foi a mucuna preta (C3), diferindo estatisticamente das demais C1, C2 e C4 que apresentaram MV de 20,08; 23,29 e 27,62 g, respectivamente.

Figura 21 – Massa das vagens (MV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Figura 22 – Massa das vagens (MV) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019

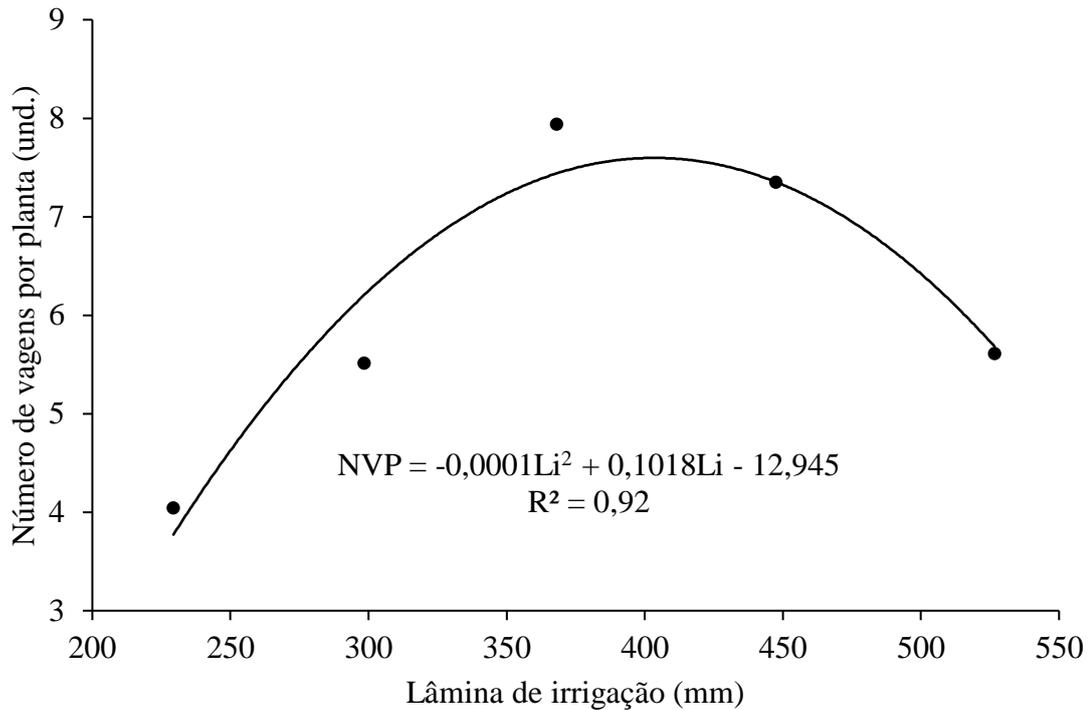


Fonte: Autor

Estudando a interação entre a lâminas de irrigação e cultivares feijão-caupi, Dutra *et al.* (2015) encontraram reposta linear crescente para variável massa das vagens. Nesse caso, vale ressaltar que foram utilizadas as lâminas de 40, 60, 80 e 100% da ETo de referência. Oliveira *et al.* (2011) também encontraram resposta linear crescente, obtendo massa das vagens de 13,85 g para maior lâmina de irrigação (273 mm). Tais resultados podem diferir dos alcançados nesse estudo, pelo fato que as lâminas de irrigação estudadas pelos autores foram menores que as utilizadas nesse trabalho.

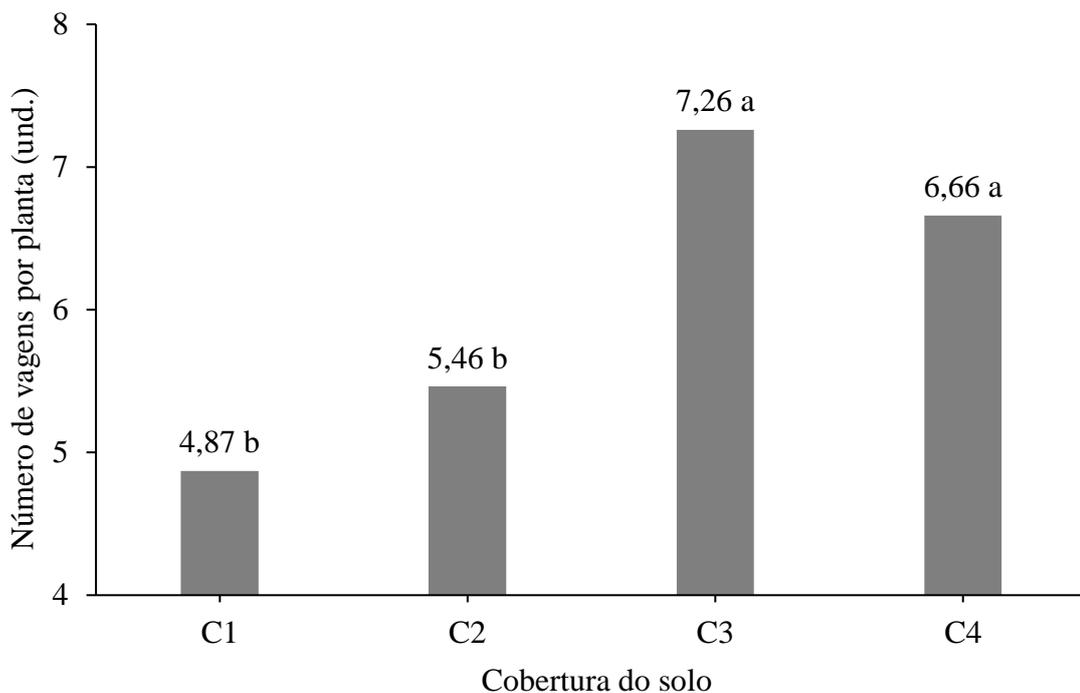
Nas Figuras 23 e 24, é possível observar o comportamento do número de vagens por planta (NVP) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo, respectivamente. Foi estimada, com lâmina de irrigação de 509 mm (138,26% ETC), uma produção máxima de 12,96 de vagens por planta, por meio do modelo polinomial quadrático ( $R^2 = 0,92$ ). A cobertura C3 oportunizaria 7,26 vagens por planta, não diferindo da cobertura C4 (6,66 vagens por planta), e as coberturas C1 e C2 obtiveram 4,87 e 5,46 und., respectivamente, e foram semelhantes entre si.

Figura 23 – Número de vagens por planta (NVP) de feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Figura 24 – Número de vagens por planta (NVP) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

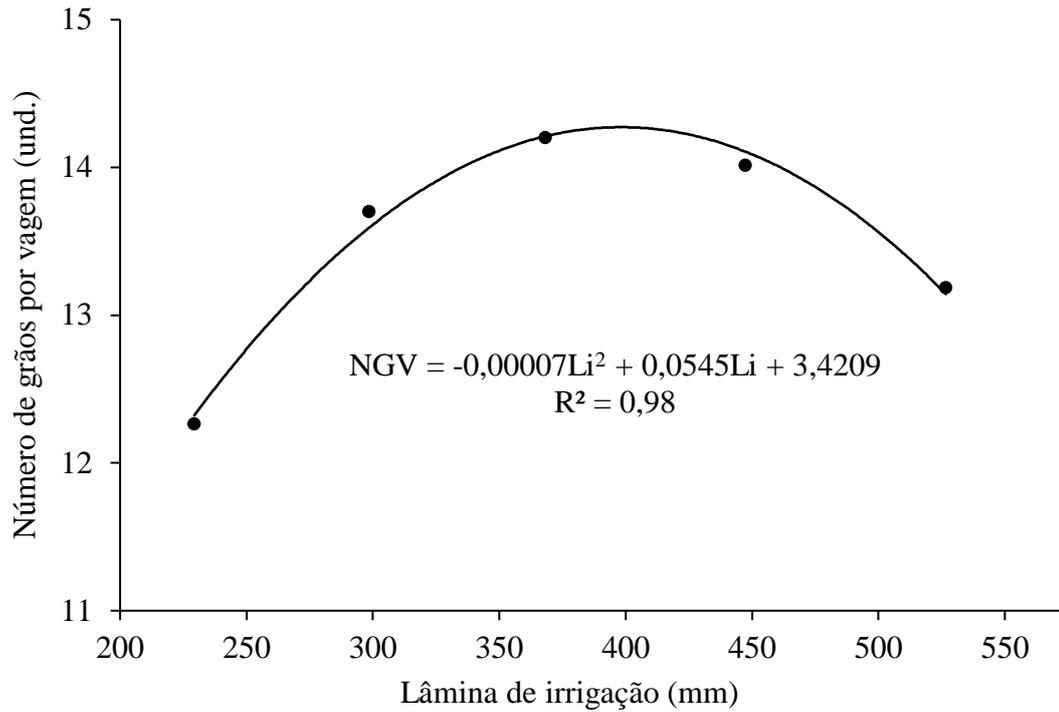
Resultados superiores aos encontrados aos desse trabalho, foram observados

por Bastos e Andrade Júnior (2008), ao estudarem efeitos da aplicação de quatro lâminas de irrigação (328,7; 375,7; 421,3 e 505,8 mm) na cultura do feijão-caupi, cv. BRS – Guariba, nas condições edafoclimáticas do Vale do Gurguéia, Piauí, estimaram valor máximo de 9,0 vagens por planta, estimado com a lâmina de irrigação de 426,6 mm. Já, Souza *et al.* (2014), avaliaram sistemas de cultivo e lâmina de irrigação, em Petrolina, Pernambuco, observaram diferença significativa para o número de vagem por planta, com maior valor médio encontrado de 15,5 vagens por planta para lâmina de irrigação de 100% da ETo de referência.

Merlotti *et al.* (2014), avaliando produção do feijoeiro, cv. IAC Tunã, utilizando as leguminosas crotalária, guandu e mucuna-cinza como cobertura do solo, encontraram 9,17; 8,51 e 8,34 vagens por planta, respectivamente, superiores aos dessa pesquisa. Herrada *et al.* (2017), avaliaram espécies de cobertura do solo e sistemas de manejo na produtividade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, dentre elas a mucuna, crotalária e guandu, e estimaram valores de 13,67, 13,03 e 8,25 vagens por planta, respectivamente. Marangoni *et al.* (2017), avaliaram tipos de palhadas e épocas, encontraram valores de 16,4 vagens por planta para o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando como planta de cobertura o guandu-anão, em Urutaí, Goiás.

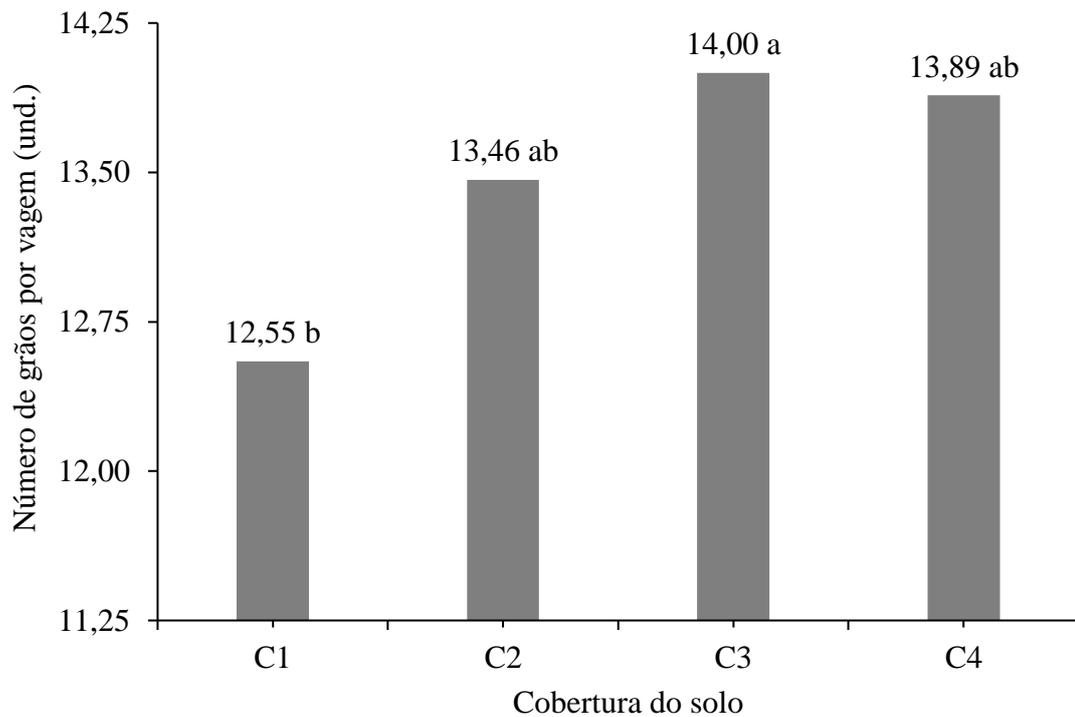
Nas Figuras 25 e 26, observa-se o comportamento do número de grãos por vagem (NGV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo, respectivamente. A lâmina de irrigação ótima que estimou o maior NGV (14,03 und.) foi de 389,29 mm, 105,74% da ETc, estimado pelo modelo polinomial quadrático que melhor ajustou-se aos dados, com  $R^2$  de 0,98. As maiores médias para o número de grãos por vagem foram obtidas para os tratamentos nos quais foram utilizadas as plantas de cobertura do solo C2, C3 e C4 (13,46; 14,00 e 13,89 grãos por vagem, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si, porém a C3 diferiu da menor média obtida para o tratamento C1 onde não foi utilizada cobertura do solo.

Figura 25 – Número de grãos por vagem (NGV) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Figura 26 – Número de grãos por vagem (NGV) de feijão Canapu em função da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

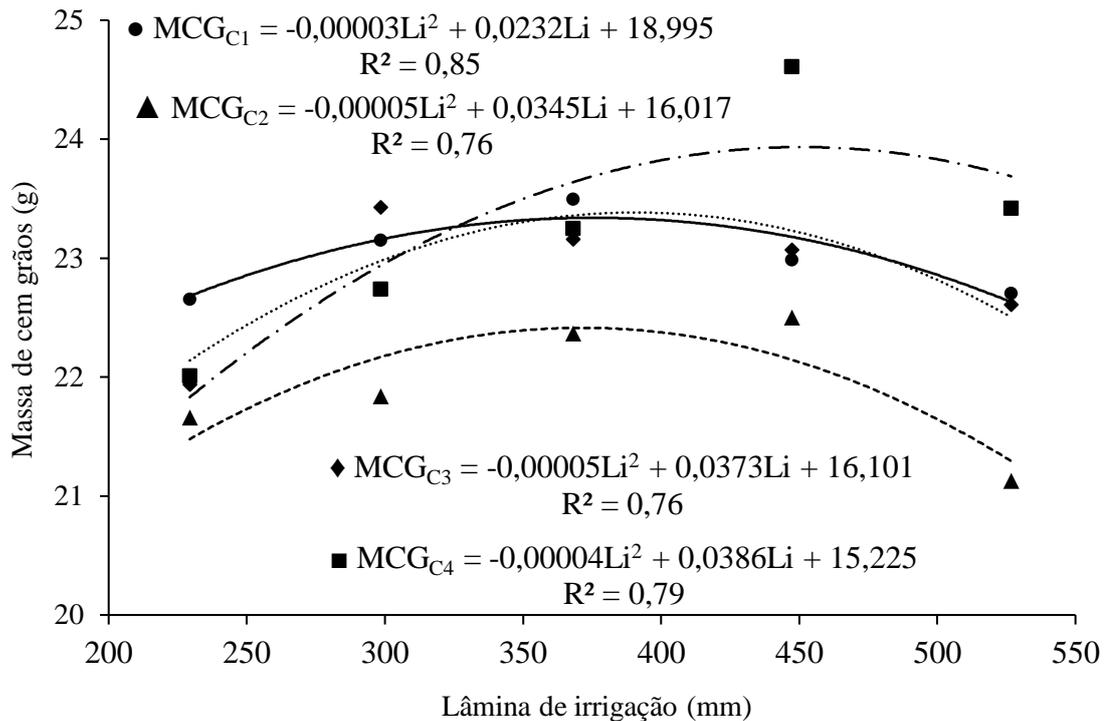
Dutra *et al.* (2015) encontraram valor 12,65 grãos por vagem para cultivar ‘BR17

Gurguéia', onde foi avaliado cultivar e lâmina de irrigação, para uma lâmina de 100% ETo de referência. Os mesmos autores ressaltam que o número de grãos por vagem é uma variável importante, pois possui relação direta com a produtividade de grãos. Tagliaferre *et al.* (2013), analisando plantas de feijão-caupi em função da lâmina de irrigação, em Vitória da Conquista, Bahia, observaram efeito quadrático, e obtiveram valor máximo de 11,96 grãos por vagem, para uma lâmina de irrigação estimada em 332,63 mm. Os valores observados por esses autores foram menores do que os encontrados nessa pesquisa, para lâmina de irrigação semelhante.

O tratamento que utilizou a mucuna preta como cobertura do solo (C3) encontraram valor médio para o número de grãos por vagem superiores ao tratamento controle (C1). Herrada *et al.* (2017), utilizando as coberturas do solo: mucuna, crotalária e guandu, obtiveram valores médios de 6,4; 5,7 e 5,3 grãos por vagem, estatisticamente semelhantes, esses valores ficaram abaixo dos encontrados na presente pesquisa, onde foi avaliado espécies de cobertura do solo e sistemas de manejo na produtividade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás,

A massa de cem grãos do feijão foi influenciada pela interação entre a lâmina de irrigação e a cobertura do solo (Figura 27). O modelo polinomial quadrático foi o que apresentou melhor ajuste aos dados, apresentando R<sup>2</sup> de 0,85; 0,76; 0,76 e 0,79 para as coberturas do solo C1, C2, C3 e C4, respectivamente. Com os modelos encontrados, estimaram-se os máximos valores para a massa de cem grãos em 23,48; 22,02; 23,06 e 24,54 g, estimados com as lâminas de irrigação correspondentes a 386,67; 345,00; 373,00 e 482,50 mm, representando 105,0; 93,7; 101,3 e 131,0% da ETc.

Figura 27 – Massa de cem grãos (MCG) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

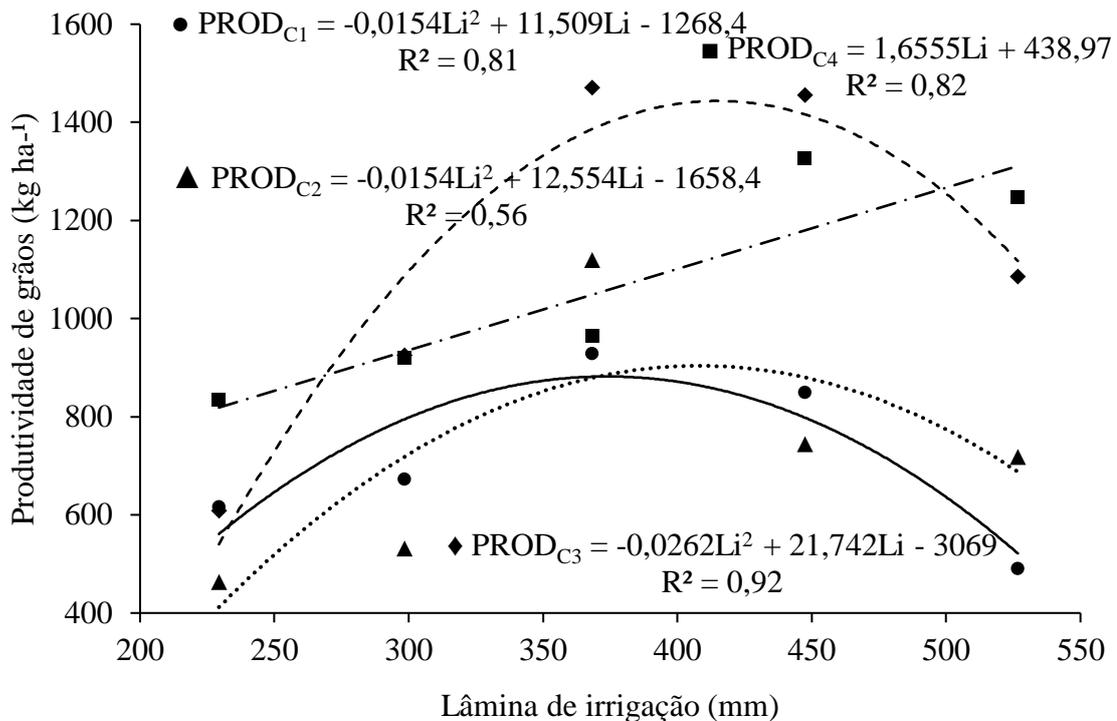
Pode-se observar na Figura 27, ao comparar a massa de cem grãos entre os tratamentos: controle e com coberturas do solo (crotalária, mucuna-preta e guandu), utilizando a lâmina ótima do controle, estimada com o modelo polinomial quadrático, pode-se observar uma redução de 6,58 e 1,84%, para a C2 e C3, respectivamente, e um incremento de 2,94% para cobertura C4. Mostrando que para variável massa de cem grãos, os valores estimados para os tratamentos que utilizaram as coberturas do solo foram similares ao controle.

Corroborando com os valores encontrados dessa pesquisa, Oliveira *et al.* (2015), avaliando lâminas de irrigação correspondendo a ETo de referência, na cultura do feijão-caupi, encontraram valor máximo de 22,72 g para a massa de cem grãos, estimado com a lâmina de irrigação 322,63 mm. Herrada *et al.* (2017) obtiveram valores superiores aos encontrados nesse estudo, para a massa de cem grãos, alcançando 28,7 g com a mucuna preta, 26,8 g com a crotalária e 26,6 com o guandu.

Para a variável produtividade de grãos do feijão Canapu, em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo (Figura 28), constatou-se, por meio da análise de regressão, que os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram: o polinomial quadrático, com  $R^2$  de 0,56, 0,81 e 0,92 para as coberturas do solo C1, C2 e C3, respectivamente, e o linear crescente ( $R^2 = 0,82$ ) para cobertura C4. Com os modelos encontrados, foi possível estimar os

máximos valores de PROD (881,9; 900 e 1.441,6 kg ha<sup>-1</sup>), obtidos para as lâminas de irrigação estimadas em 373,7, 407,6 e 414,9 mm, representando 101,5; 110,7 e 112,7% da ETc, e para cobertura C4, que apresentou melhor ajuste ao modelo linear, estimou-se uma produtividade máxima de 1.311,42 kg ha<sup>-1</sup>, para a lâmina de irrigação 526,7 mm (150% ETc).

Figura 28 – Produtividade de grãos (PROD) do feijão Canapu em função da lâmina de irrigação e da cobertura do solo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Em relação a variável produtividade de grãos, um ponto que pode ser destacado, é que para o tratamento que utilizou-se a cobertura do solo C2 – crotalária, os valores estimados foram menores, próximos aos obtidos pelo tratamento controle, possivelmente isso pode ter ocorrido devido ao maior aporte de biomassa fresca e seca propiciado pela cobertura do solo, influenciando de forma negativa a produtividade.

Souza *et al.* (2014), avaliando o plantio de feijão e milho, em sistema exclusivo e em consórcio, encontraram para o sistema exclusivo do feijão-caupi, que a maior produtividade (1374,7 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a lâmina de irrigação 100% da ETo de referência. Tagliaferre *et al.* (2013) obtiveram resposta polinomial quadrática, e obtiveram para a lâmina de irrigação estimada de 462,21 mm, a máxima produtividade de 2.820,03 kg ha<sup>-1</sup>.

Herrada *et al.* (2017), avaliaram a produtividade do feijão, utilizando plantas de

coberturas como crotalária, mucuna, feijão de porco e guandu, e obtiveram uma produtividade média para os tratamentos de 3.735 kg ha<sup>-1</sup>.

Oliveira *et al.* (2011) observaram resposta linear para a produtividade de grãos, resultado semelhante ao encontrado para cobertura do solo C4. As diferenças obtidas entre a produtividade para os tratamentos avaliados podem estar relacionadas com a diferença na produção de massa seca entre as coberturas do solo estudadas, que diferiram entre si nos seus valores médios, sendo que os tratamentos que utilizaram plantas de cobertura do solo obtiveram maiores produtividades. Bettioli *et al.* (2015), avaliando a produtividade do feijão utilizando vários tipos de coberturas, obtiveram produtividade de grãos superior a 2.400 kg ha<sup>-1</sup> para todos as coberturas do solo.

## **5.2 Experimento II: Parcelamento e dose de fósforo**

Com relação as variáveis vegetativas da cultura do feijão-caupi analisadas, pelo resultado da análise de variância, observou-se que houve efeito significativo para interação entre fatores parcelamento e dose de fósforo, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para as variáveis massa seca: do caule e total, e 5% de probabilidade para comprimento do ramo principal e massa seca das folhas, para as demais variáveis observou-se efeito significativo isolado de cada fator, exceto para variável diâmetro do caule.(Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para: comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro do caule (DC), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC), massa fresca total (MFT), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca total (MST) e área foliar (AF) em função do parcelamento e da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019.

FV	GL	Quadrado médio								
		CRP	DC	MFF	MFC	MFT	MSF	MSC	MST	AF
Bloco	3	917,39 <sup>ns</sup>	0,08*	18.914,55**	105.696,52**	187.939,35**	19,35 <sup>ns</sup>	12,31 <sup>ns</sup>	54,78 <sup>ns</sup>	0,188 <sup>ns</sup>
Parcelamento (P)	2	695,93 <sup>ns</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	9.321,82*	39.926,64*	86.615,96*	98,98 <sup>ns</sup>	97,51**	223,30 <sup>ns</sup>	0,258 <sup>ns</sup>
Resíduo (P)	6	1.887,38	2,87	1.260,23	4.124,43	8.189,86	39,56	6,26	54,50	0,08
Dose (D)	4	535,97 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	23.423,10*	41.602,11*	100.969,41*	139,06**	150,22**	560,11**	0,243*
P x D	8	142,94*	0,46 <sup>ns</sup>	12.209,79 <sup>ns</sup>	12.869,34 <sup>ns</sup>	37.950,54 <sup>ns</sup>	38,08*	98,72**	112,64**	0,094 <sup>ns</sup>
Resíduo (D)	36	702,61	0,99	7.988,46	15.190,67	37.296,10	15,80	11,18	29,49	0,08
Total	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV - P (%)	-	26,49	12,88	11,46	15,14	12,33	18,92	5,79	9,66	18,24
CV - D (%)	-	16,16	7,56	28,86	29,06	26,32	11,96	7,74	7,11	18,19

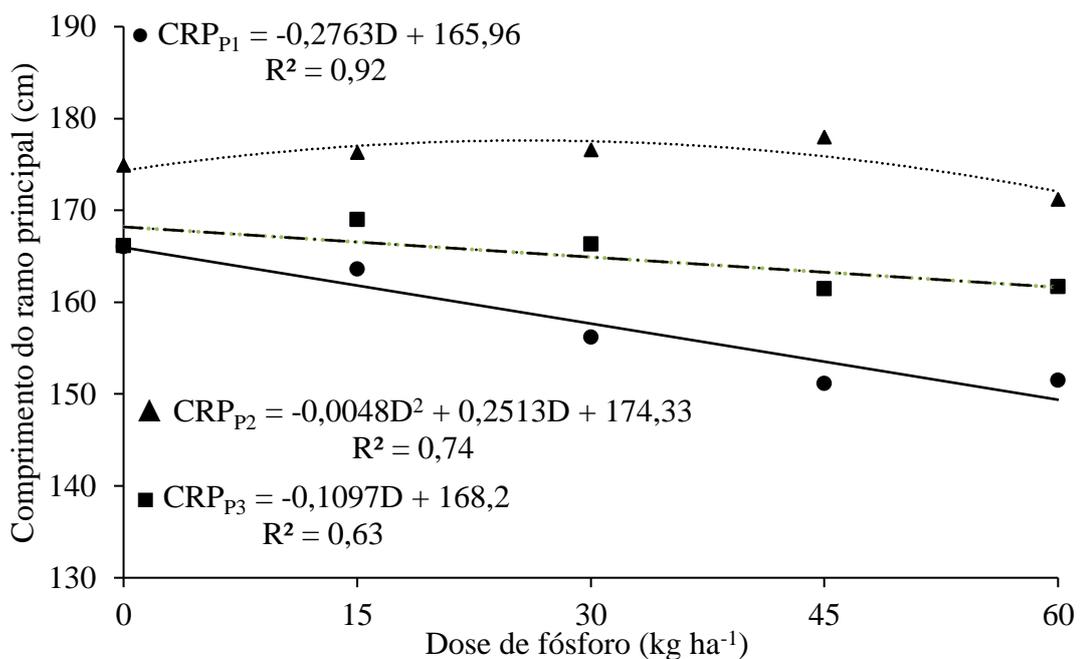
Fonte: Autor

\*\* significativo a 1% pelo teste F; \* significativo a 5% pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

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

Na Figura 29, está exposto a resposta do comprimento do ramo principal (CRP) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Para o parcelamento P2, o modelo polinomial quadrático obteve melhor ajuste, com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,74. Estimou-se o comprimento do ramo principal de 177,62 cm para a dose ótima de 26,18 kg  $ha^{-1}$ . Já, para os parcelamentos P1 e P3 o modelo linear decrescente foi o que melhor ajustou-se, com  $R^2$  de 0,92 e 0,63, respectivamente, com máximo valor estimado de CRP 165,96 e 168,2 cm, respectivamente, para a dose de 0 kg  $ha^{-1}$ .

Figura 29 - Comprimento do ramo principal (CRP) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019



Fonte: Autor

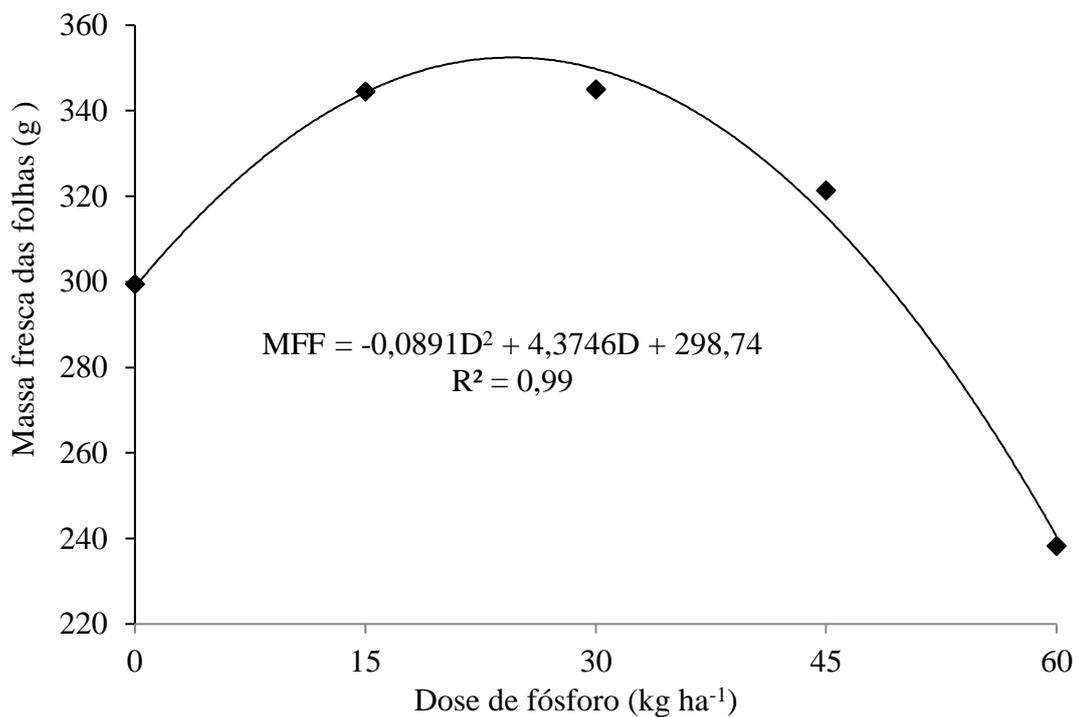
Para o parcelamento P1, que obteve resposta linear decrescente, o maior valor de CRP (165,96 cm) foi estimado para a dose 0 kg  $ha^{-1}$ , ocorreu uma redução de 10% em relação a menor e maior dose estudada, o que representou 16,59 cm, e para o parcelamento P3, houve uma redução de 4%, possivelmente o fósforo pode ter causado toxidez as plantas o que fez com reduzissem seu tamanho. Oliveira *et al.* (2011), avaliando dose de 0 a 160 kg  $ha^{-1}$  no feijão-caupi cultivado em Latossolo de textura franco argilo-arenosa, em Boa Vista, Roraima, obtiveram resposta linear crescente, e valor de 93 cm para maior dose estudada, valor inferior ao encontrado nesse estudo.

Corroborando com os resultados dessa pesquisa, Silva *et al.* (2010c),

observaram que a forma de aplicação e a dose de fósforo afetam o comprimento do ramo principal do feijão-caupi. Silva *et al.* (2010d), observaram o maior crescimento do feijão-caupi cultivado em solos arenosos sob a adubação de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

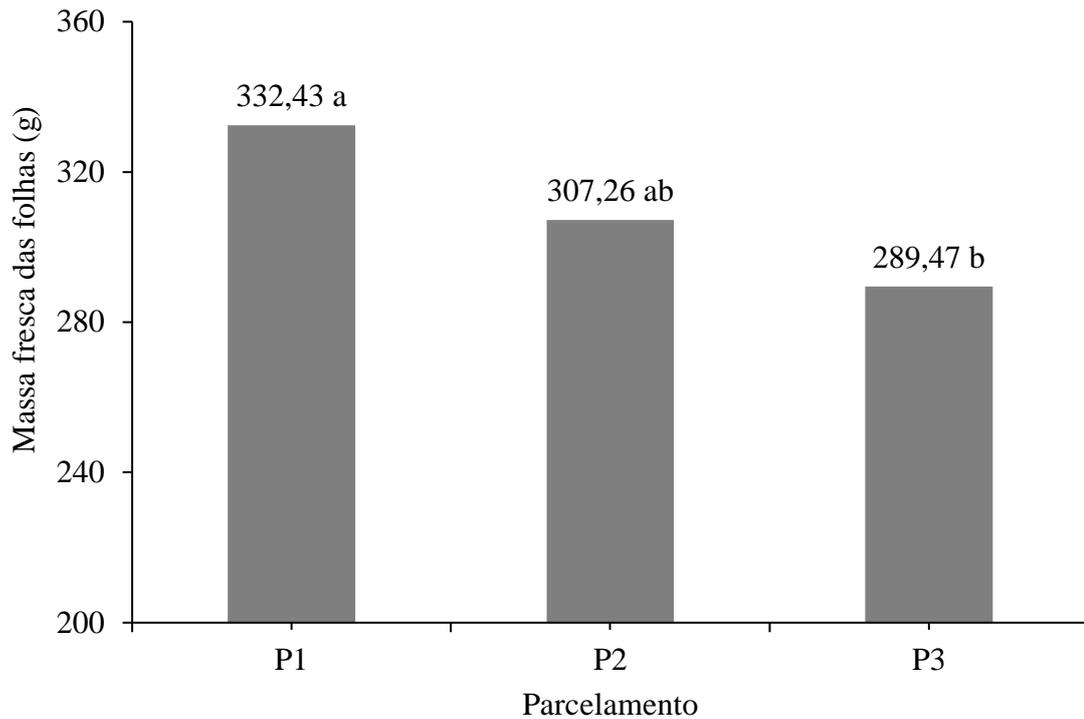
Nas Figuras 30 e 31, é possível observar a resposta da massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento, respectivamente. O modelo de melhor ajuste foi o quadrático, com R<sup>2</sup> de 0,99, a dose de fósforo responsável pelo melhor valor de MFF (352,44 g) foi 24,55 kg ha<sup>-1</sup>, dose abaixo da recomenda. Para o fator parcelamento a que obteve maior valor absoluto (332,43 g) foi P1, tratamento com base da marcha de absorção da cultura do feijão.

Figura 30 – Massa fresca das folhas (MFF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019



Fonte: Autor, 2019

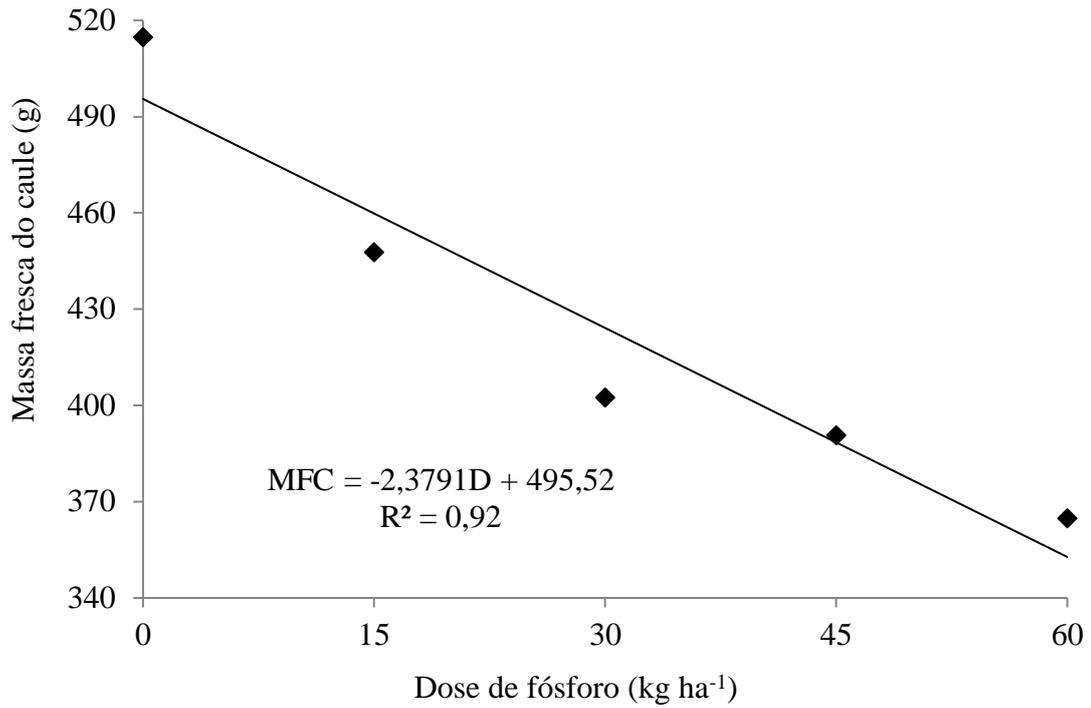
Figura 31 – Massa fresca das folhas (MFF) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019



Fonte: Autor

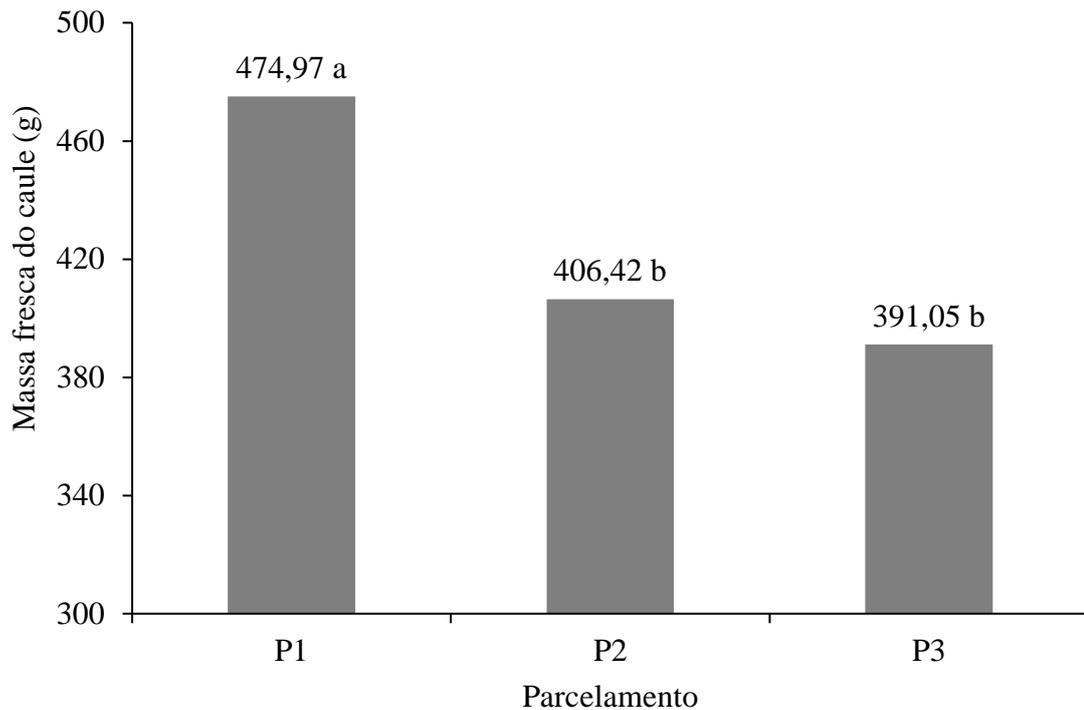
Nas Figuras 32 e 33, é possível observar a resposta da massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento, respectivamente. O melhor modelo, com  $R^2$  de 0,92, foi o linear, o maior valor de MFC 495,52 g foi encontrado para dose de  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ . Em relação ao parcelamento, novamente a que obteve melhor média foi P1 (474,97 g) de acordo com a marcha de absorção da cultura. Para P2 tratamento que aplicava porcentagens iguais semanalmente e P3 duas aplicações durante o ciclo, obtiveram menores médias 406,42 e 391,95 g, respectivamente, não diferindo estaticamente entre si.

Figura 32 – Massa fresca do caule (MFC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará 2019



Fonte: Autor

Figura 33 – Massa fresca do caule (MFC) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019

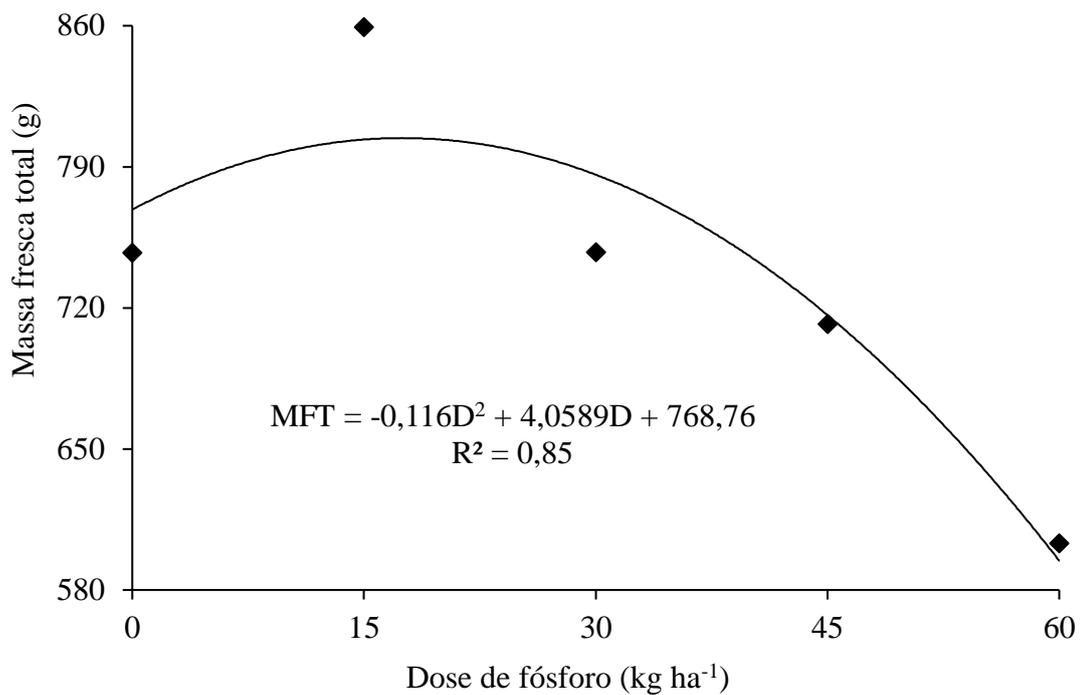


Fonte: Autor

Para variável MFC, ao comparar-se o tratamento que não aplicou fósforo com o que aplicou a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>, estimou-se que houve uma redução de 142,75 g (28,8%).

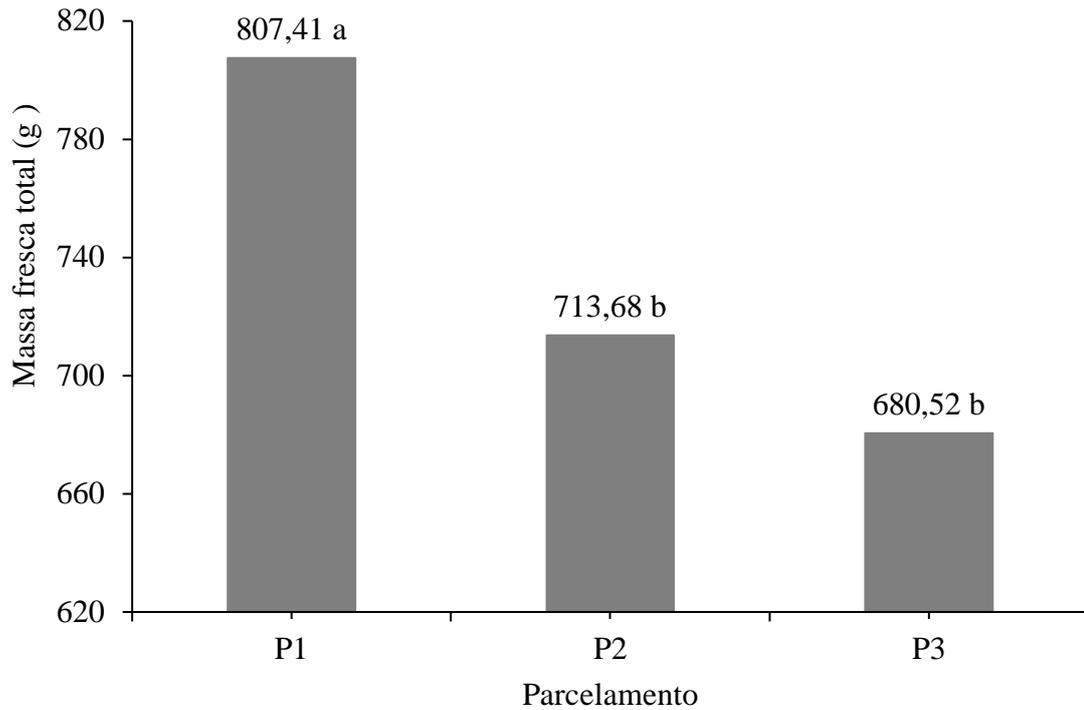
Nas Figuras 34 e 35, é possível observar a resposta amento da massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento, respectivamente. O modelo com melhor ajuste foi o polinomial quadrático, com R<sup>2</sup> de 0,85, a dose de fósforo ótima de 17,5 kg ha<sup>-1</sup> obteve produção de 804,27 g de massa fresca total. A melhor média obtida novamente foi para P1 (807,41 g), mostrando superioridade nos resultados em relação ao demais.

Figura 34 – Massa fresca total (MFT) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Figura 35 – Massa fresca total (MFT) em função do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019

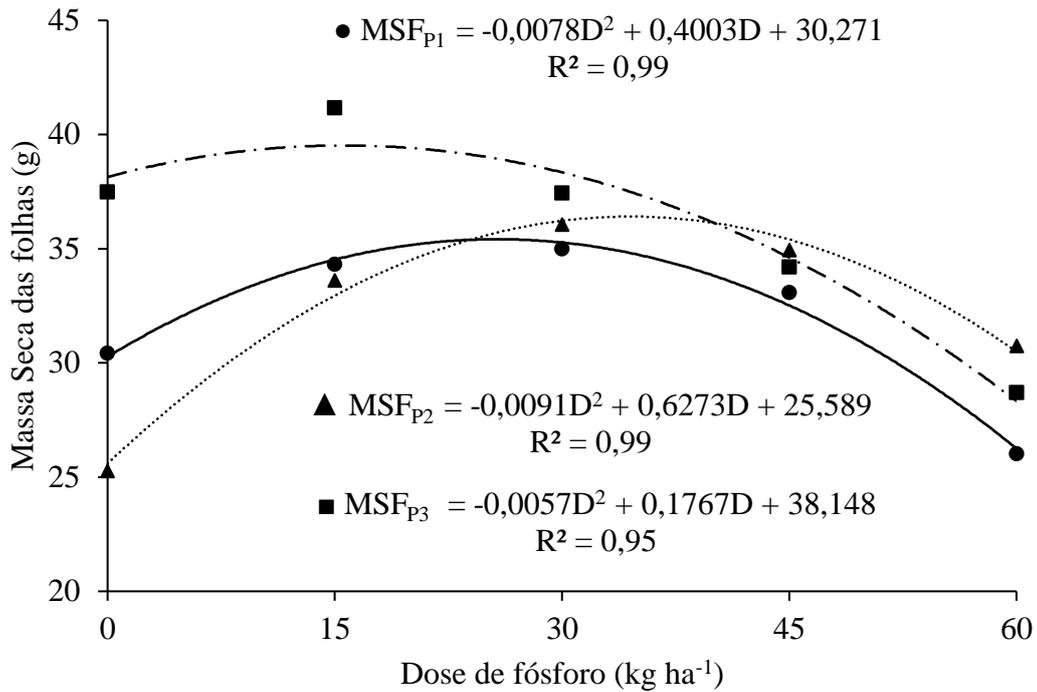


Fonte: Autor

O parcelamento P1 que consiste em aplicações semanais de acordo com a marcha de absorção da cultura foi o tratamento que obteve as maiores produções médias de MFF, MFC e MFT, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, P2 e P3.

Na Figura 36, está exposto a resposta da massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. O modelo polinomial quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados, com  $R^2$  de 0,99; 0,99 e 0,95 para as formas de parcelamento P1, P2 e P3, respectivamente. Estimou-se os valores máximos de MSF 35,41; 36,4 e 39,42 g para as doses ótimas 25,66; 34,47 e 15,5 kg ha<sup>-1</sup>.

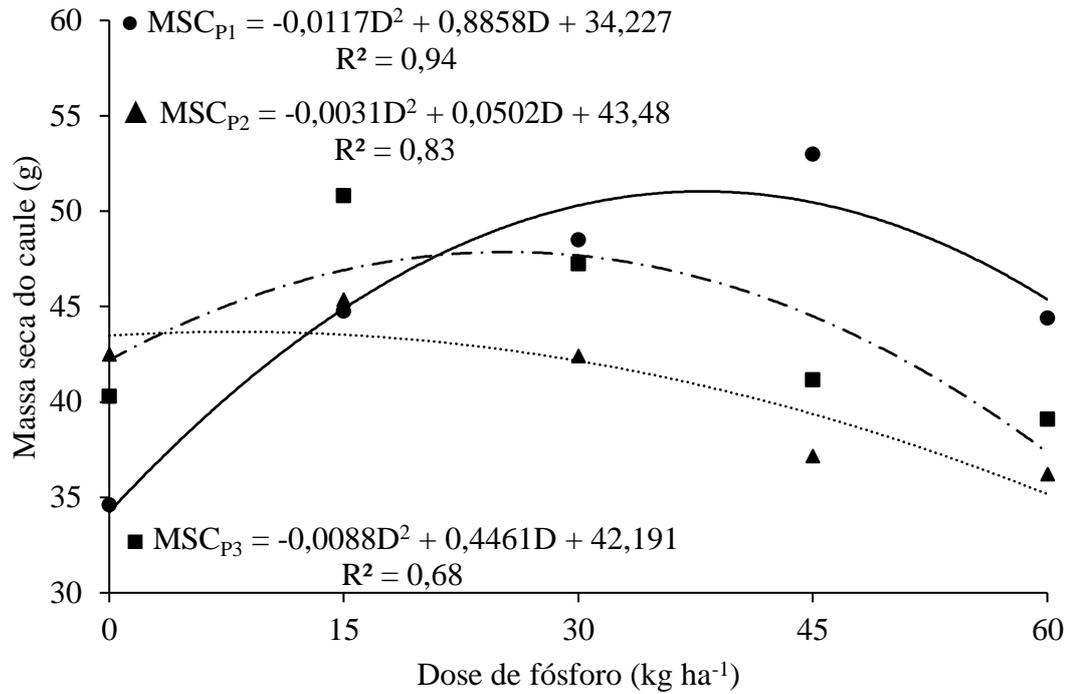
Figura 36 – Massa seca das folhas (MSF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Na Figura 37, é possível observar a resposta da massa seca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. O modelo polinomial quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados, com R<sup>2</sup> de 0,94; 0,83 e 0,68 para as formas de parcelamento P1, P2 e P3, respectivamente. Estimou-se os valores máximos de MSC 50,99; 43,68 e 47,84 g para as doses ótimas 37,85; 8,10 e 25,35 kg ha<sup>-1</sup>.

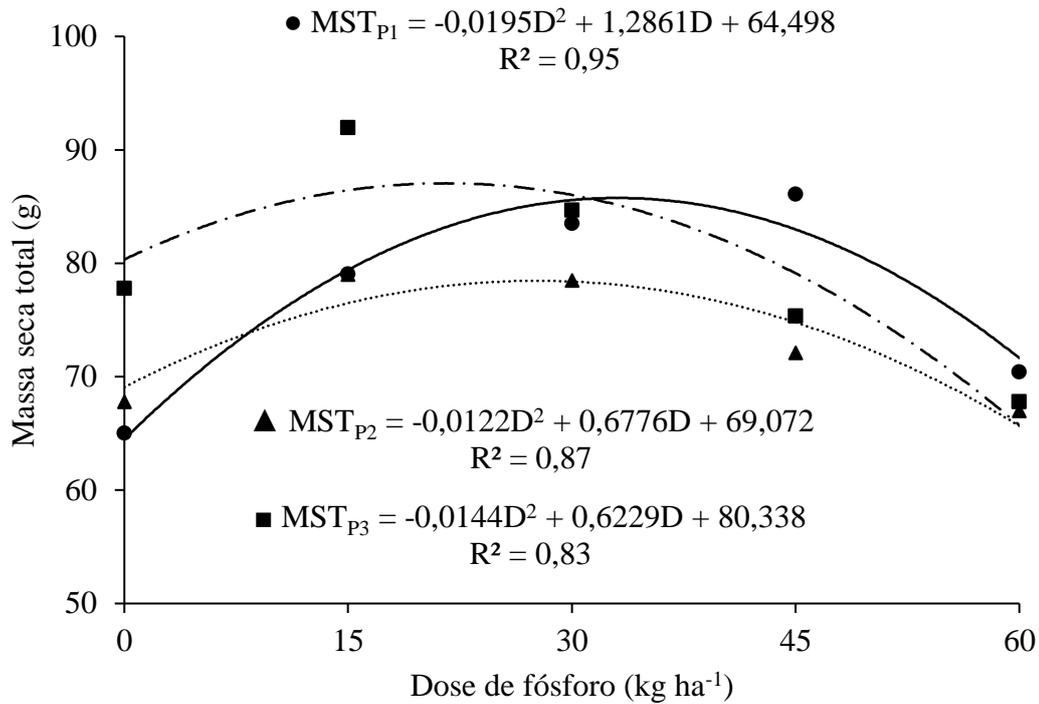
Figura 37 – Massa seca do caule (MSC) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará 2019



Fonte: Autor

Na Figura 38, está exposto a resposta da massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. O modelo polinomial quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados, com  $R^2$  de 0,95; 0,87 e 0,83 para os parcelamentos P1, P2 e P3, respectivamente. Estimou-se os valores máximos de MSC 85,7; 78,48 e 87,07 g para as doses ótimas 32,98; 27,77 e 21,63 kg ha<sup>-1</sup>.

Figura 38 – Massa seca total (MST) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

De modo geral, para a obtenção das produções máximas de massa seca das folhas, caule e total, foram necessárias doses baixas de P, tal resultado pode estar relacionado pela quantidade elevada de P (41,0 mg dm<sup>-3</sup>) no solo, detectado antes do experimento (Tabela 3). Corroborando com os resultados de Fernandes *et al.* (2013), relataram que a adição e o aumento no teor de P no solo nos níveis de saturação por bases aumenta a produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi. Cravo e Souza (2010), ressaltam que solos com teores de P disponível no solo de 15 mg dm<sup>-3</sup> podem ser considerados altos para a cultura do feijão-caupi.

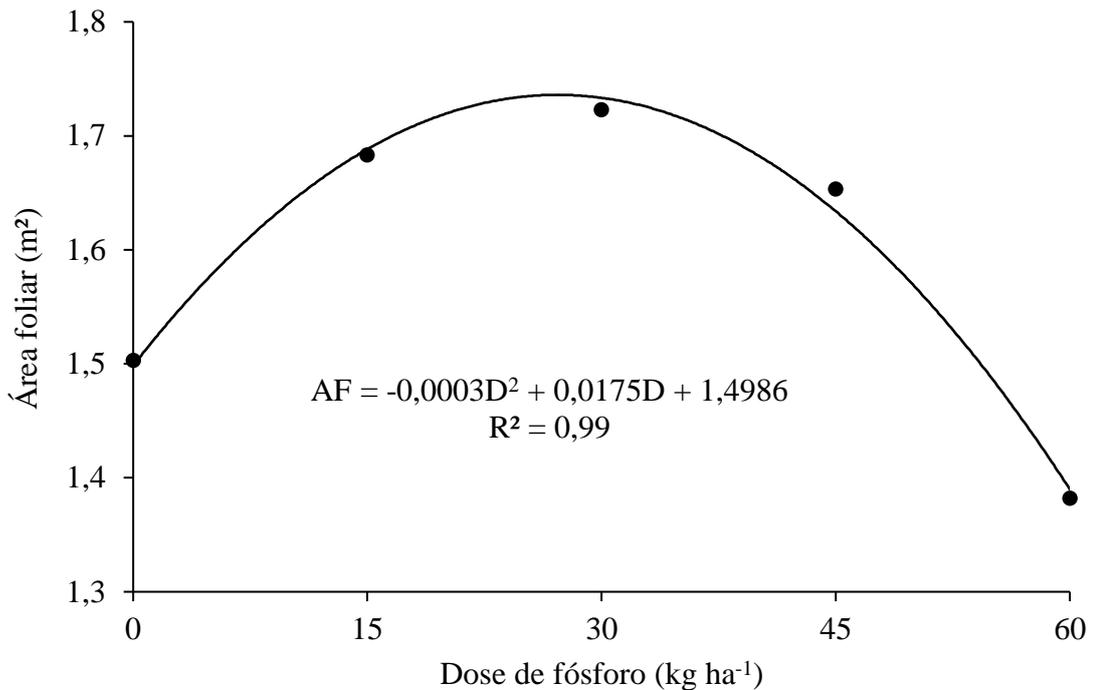
Karikari *et al.*, (2015), estudando crescimento vegetativo de plantas de feijão-caupi em resposta à adubação fosfatada, verificaram que o aumento nas doses de fósforo gerou aumento significativo em solos caracterizados pela baixa disponibilidade de P. A baixa disponibilidade de fósforo pode desencadear mudanças na fotossíntese, pois o P atua como agente formador da molécula de ATP, a falta de ATP afeta diretamente no crescimento das plantas (ROCHA *et al.*, 2018).

O parcelamento P3, que consistiu em aplicar a dose de fósforo recomendada em duas aplicações, foi o responsável por obter as maiores produções de MSF, MSC e MST,

com a utilização das doses de fósforo ótimas (15,5; 25,35 e 21,63 kg ha<sup>-1</sup>), doses de fósforo inferiores as utilizadas nos parcelamentos P1 e P2.

Para a variável área foliar (AF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo (Figura 39), verifica-se os dados obtiveram resposta polinomial quadrático, com R<sup>2</sup> de 0,99, a dose de fósforo ótima de 29,17 kg ha<sup>-1</sup> obteve o valor máximo de AF 1,75 m<sup>2</sup>.

Figura 39 – Área foliar (AF) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Araújo *et al.* (2014) avaliando o crescimento do feijoeiro em função de doses de fósforo, observaram que a área foliar foi consideravelmente reduzida pelo baixo suprimento de P na solução de cultivo. Epstein e Bloom (2006) ressaltam que a redução da área foliar sob baixo suprimento de P é consequência da redução do número de folhas e da menor expansão foliar.

Para as variáveis de produtividade do feijão-caupi, pode-se analisar, por meio da análise de variância, que houve efeito significativo entre os fatores parcelamento e doses de fósforo em nível de 1 e 5% de probabilidade para as variáveis produtividade de grãos e massa das vagens, respectivamente. Para as demais variáveis observou-se efeito significativo em nível de 5% para o fator dose de fósforo de forma isolada, não sendo influenciadas pelo fator parcelamento, exceto para variável massa de cem grãos que não obteve efeito significativo (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo da análise de variância para: comprimento da vagem (CV), massa da vagem (MV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagens (NGV), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) em função do parcelamento e dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019

FV	GL	Quadrado médio					
		CV	MV	NVP	NGV	MCG	PROD
Bloco	3	0,33 <sup>ns</sup>	63,83 <sup>ns</sup>	3,97 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	3,33 <sup>ns</sup>	59.525,87 <sup>ns</sup>
Parcelamento (P)	2	3,41 <sup>ns</sup>	253,18 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	6,38 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	785.768,17 <sup>**</sup>
Resíduo (P)	6	0,96	157,06	8,29	2,62	3,42	34.682,55
Dose (D)	4	2,67*	380,99 <sup>**</sup>	11,92*	3,65*	2,22 <sup>ns</sup>	309.409,97 <sup>**</sup>
P x D	8	0,55 <sup>ns</sup>	188,73*	5,63 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	3,00 <sup>ns</sup>	92.693,12 <sup>**</sup>
Resíduo (D)	36	0,83	78,47	3,40	0,95	3,45	30.152,58
Total	59	-	-	-	-	-	-
CV - P (%)	-	5,90	43,59	42,72	11,85	7,70	22,22
CV - D (%)	-	5,47	30,81	27,28	7,18	7,74	20,71

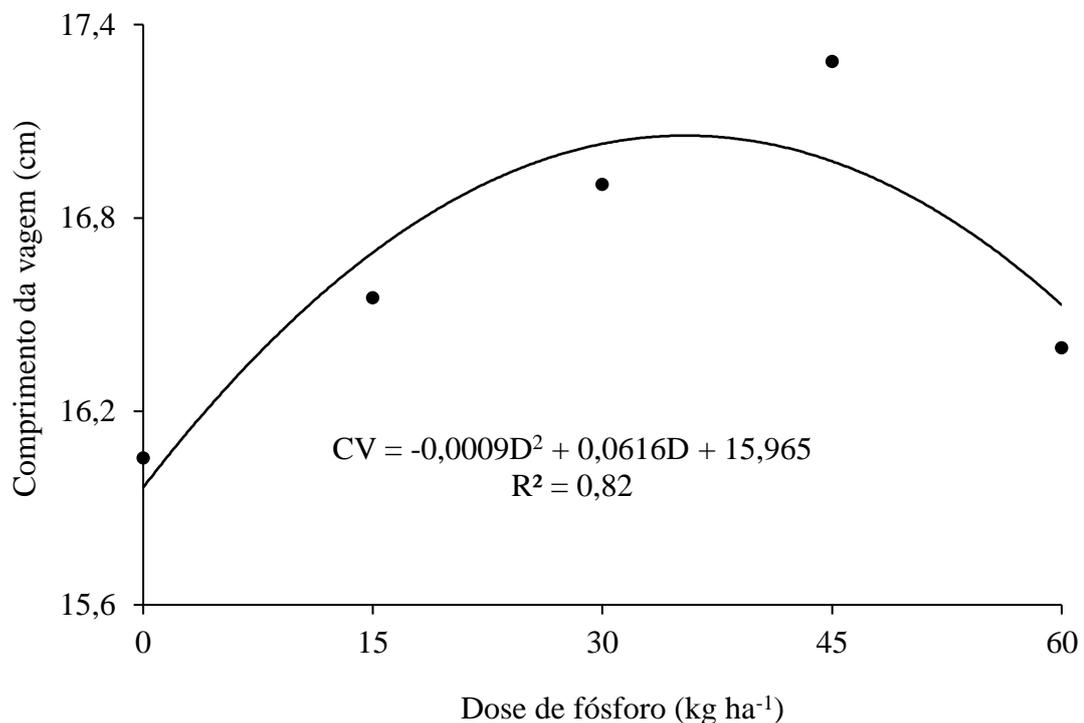
Fonte: Autor

\*\* significativo a 1% pelo teste F; \* significativo a 5% pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

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

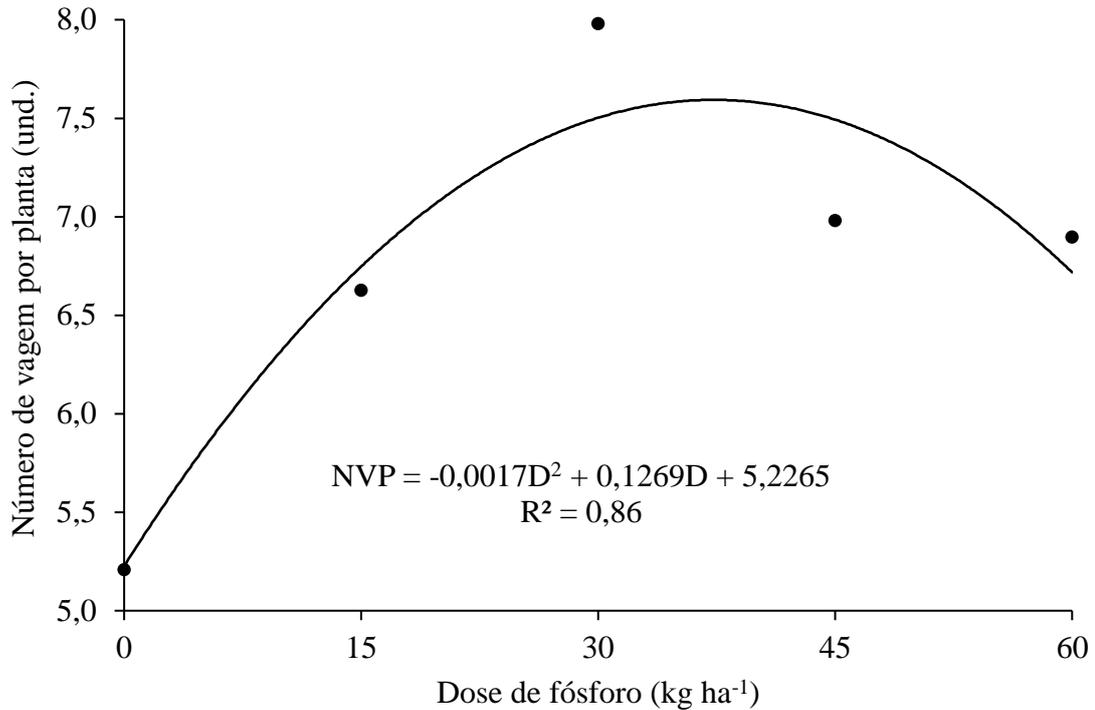
As variáveis comprimento da vagem (CV), número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) apresentaram uma resposta polinomial quadrática em função das doses de fósforo (Figuras 40, 41 e 42).

Figura 40 – Comprimento da vagem (CV) do feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019



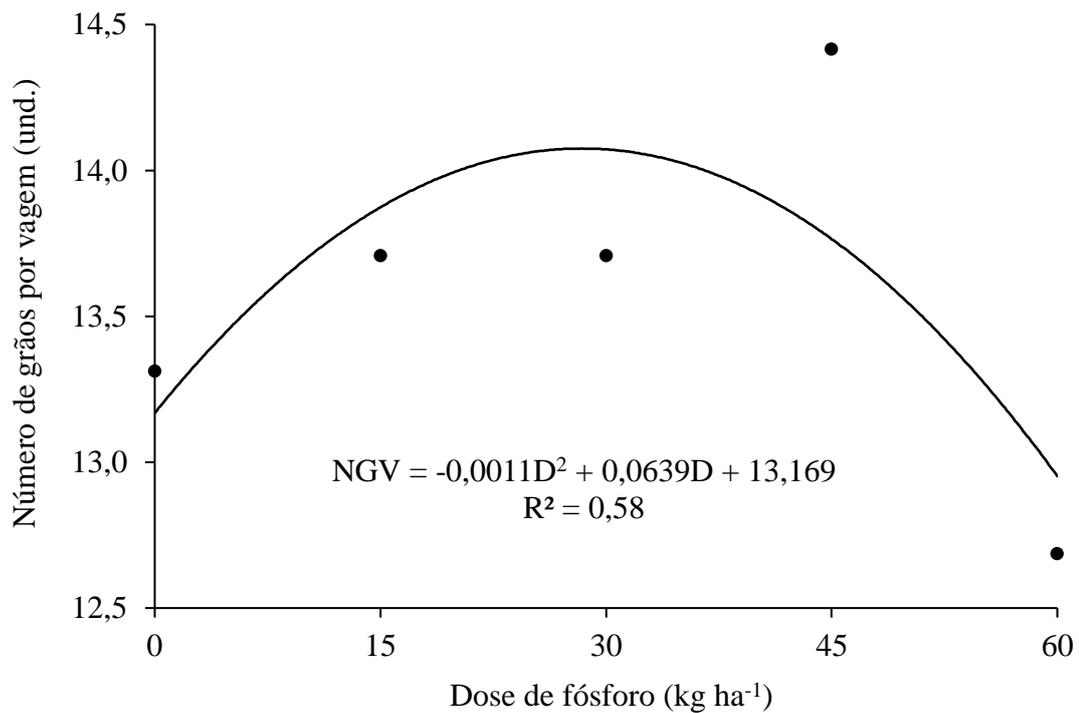
Fonte: Autor

Figura 41 – Número de vagem por planta (NVP) de feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Figura 42 – Número de grãos por vagem (NGV) de feijão Canapu em função da dose de fósforo. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Com os modelos obtidos foi possível estimar os valores máximos para as

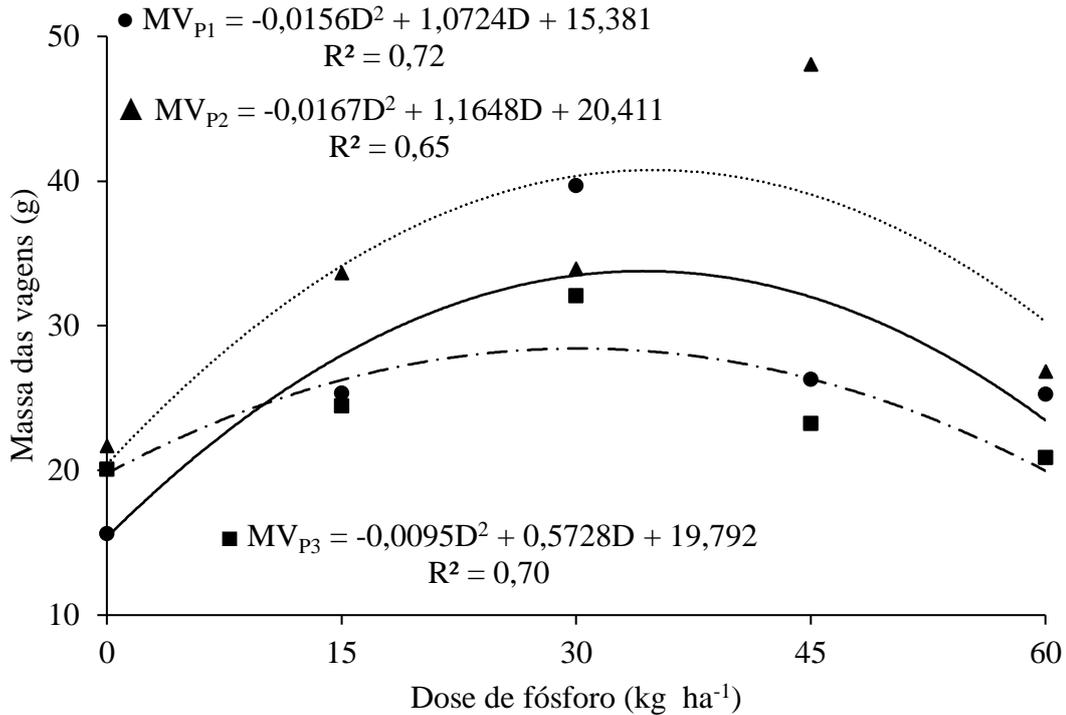
variáveis, o CV máximo de 17,02 cm foi estimado com uma dose ótima de 34,22 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo 114,07% da dose recomendada (Figura 40). O valor máximo de 7,59 vagens por planta, para a dose ótima de 37,32 kg ha<sup>-1</sup>, dose 24,4% superior a dose recomendada (Figura 41). Para a variável NGV o valor máximo foi de 14,03 grãos por vagem, para uma dose ótima de 28,29 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 94,31% da dose recomendada (Figura 42).

Coutinho *et al.*, (2014) obtiveram resposta polinomial quadrática para variável número de grãos por vagem, estimaram para dose de fósforo ótima de 200,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, um valor máximo de 12,87 grãos por vagem. Segundo o autor supracitado o aumento observado na produtividade de sementes por vagens de feijão-caupi, pode estar associado ao número de grãos por vagem ou número de vagens por planta, que aumentaram o número de sementes produzidas sem alterar significativamente a massa dela.

Oliveira *et al.* (2011), avaliando as doses de fósforo 0, 70, 140 e 210 kg ha<sup>-1</sup> no feijão-caupi, obtiveram resposta linear crescente para as variáveis número de grãos por vagem e comprimento da vagem, diferindo dos resultados obtidos nessa pesquisa. Já Viana *et al.* (2011), analisando as doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), não observaram efeito significativos para as variáveis número de grãos por vagem e número de vagens por planta.

Para a variável massa das vagens (MV) (Figura 43), o modelo polinomial quadrático, foi o de melhor ajuste para os parcelamentos P1 – aplicações semanais pela marcha de absorção, P2 – aplicações semanais com porcentagens iguais e P3 – aplicação as 7 e 28 DAS. Estimou-se os valores máximos de MV (33,81, 40,72 e 27,42 g), para as doses de fósforo ótimas de 34,37, 34,87 30,15 kg ha<sup>-1</sup> para os parcelamentos P1, P2 e P3, respectivamente.

Figura 43 – Massa das vagens (MV) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e do parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Os tratamentos P1 e P2, que consistem em aplicações semanais conforme a marcha de absorção da cultura e porcentagens iguais, respectivamente, obtiveram valores máximos superiores ao tratamento P3 que consistiu em duas aplicações, tais resultados podem ser explicados pelo fornecimento do nutriente para cultura durante todo ciclo.

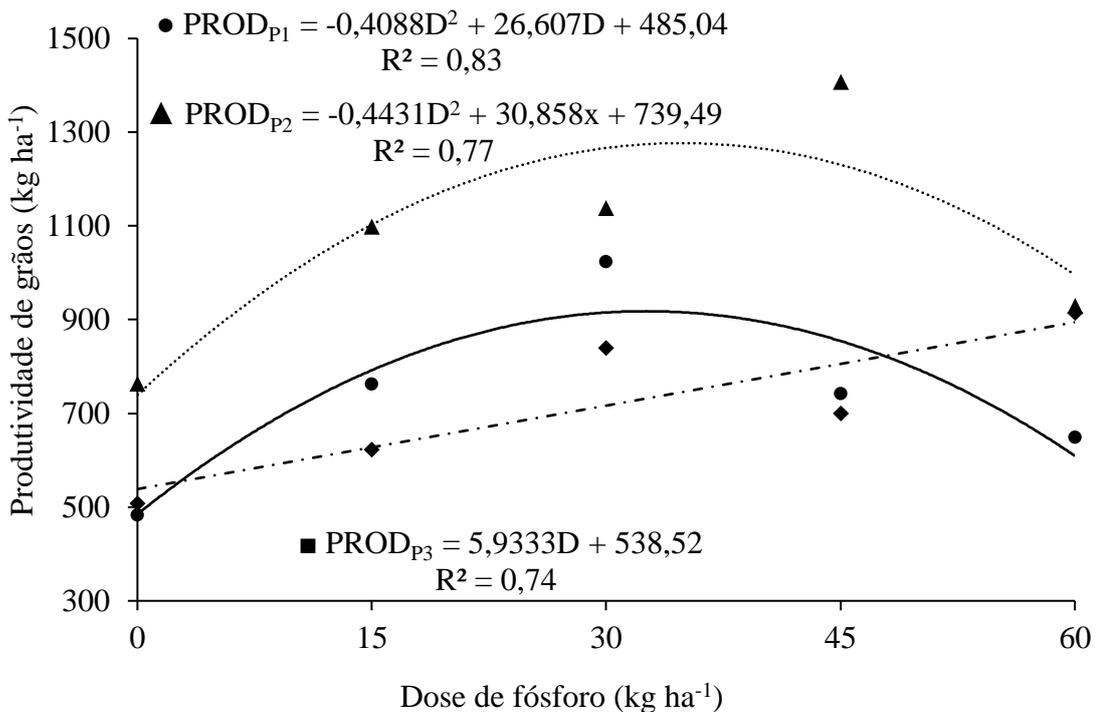
Corroborando com os resultados encontrados nessa pesquisa, Grant *et al.* (2001) relatam que é necessário o suprimento contínuo do fósforo até a fase de maturação, para permitir o funcionamento do mecanismo de translocação de carboidrato, para que não haja redução na produção de grãos.

Oliveira *et al.* (2011), analisando a resposta do feijão-caupi em função das doses de fósforo, obtiveram para variável produção da matéria seca da vagem, efeito linear crescente, diferindo dos resultados encontrados.

Quanto a massa de 100 grãos (MCG), não houve efeito significativo entre as formas de parcelamento e dose de fósforo, nem quando observados de forma separada (Tabela 9). Corroborando com esse resultado, Valderrama *et al.* (2009), avaliando a interação entre fontes e doses de fósforo não obtiveram efeito significativo para MCG. Viana *et al.* (2011) também observaram que não houve efeito significativo para massa de 100 grãos em função das doses.

Para variável produtividade de grãos (PROD) (Figura 44), os parcelamentos P1 e P2, obtiveram como melhor ajuste o modelo polinomial quadrático, pode-se estimar com as doses de fósforo ótimas de 32,54 e 34,82 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, os valores máximos de PROD foram de 917,97 e 1.276,74 kg ha<sup>-1</sup>. Já para o parcelamento P3, o modelo linear crescente obteve melhor ajuste, em que a maior dose estudada foi responsável pela maior PROD de 894,52 kg ha<sup>-1</sup>.

Figura 44 – Produtividade de grãos (PROD) do feijão Canapu em função da dose de fósforo e parcelamento. Iguatu, Ceará, 2019



Fonte: Autor

Benvindo *et al.* (2014), utilizando feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurgéia, encontraram valor máximo de produtividade de 1.319,00 kg ha<sup>-1</sup> para uma dose de fósforo ótima de 168 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, produtividade próxima da encontrada para o tratamento P2, utilizando quantidade superior de fertilizante em relação ao encontrado nessa pesquisa.

Silva *et al.* (2010) avaliando formas de aplicação de fósforo, obtiveram produtividade de 1.177,32 e 943,52 kg ha<sup>-1</sup>, em sulcos duplos e a lanço, respectivamente, para uma dose de fósforo ótima de 90 kg ha<sup>-1</sup>, e observaram ainda que pelo método de aplicação sulco simples que a partir da dose 57 kg ha<sup>-1</sup>, a produtividade de grãos apresentou redução.

Para os parcelamentos P1 e P2, as doses ótimas foram abaixo dos resultados encontrados pelos autores supracitados, tais resultados podem ser explicados pela quantidade de fósforo já existente no solo de  $41 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Tabela 1) e também pelo fato de terem sido tratamentos em que foram aplicadas pequenas frações semanalmente, resultando numa maior disponibilidade do nutriente à planta.

O parcelamento de uma dose de P, reduz a quantidade do nutriente que pode ser fixado pelo solo, possibilitando obtenção de maiores produtividades (AQUINO *et al.*, 2011; AZEVEDO *et al.*, 2016).

Oliveira *et al.* (2011) obtiveram a dose de fósforo de máxima eficiência econômica (89,45 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), uma estimativa de  $1.306,54 \text{ kg ha}^{-1}$  de feijão-caupi.

Foratto *et al.* (2007), analisando a distribuição do fósforo em bulbo molhado, observaram que com a aplicação de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de ácido fosfórico reduziu o pH do solo até 30 cm de distância lateral e até aproximadamente 40 cm em profundidade no bulbo molhado, chegando a apresentar valores na faixa de 3,6 a 4,0.

De acordo ainda com autores supracitados, pode-se concluir que a aplicação de quantidades elevadas de ácido fosfórico, com menor frequência de fertirrigação pode ocasionar queda dos valores de pH do solo na região radicular, o que pode influenciar no desenvolvimento da cultura e resultar em perdas de produtividade.

Corroborando com esses resultados, pode-se observar que para os tratamentos em que houve parcelamento com aplicações semanais de ácido fosfórico, logo após doses superiores as recomendadas houve perda de produtividade de grãos.

## 6 CONCLUSÕES

A cobertura do solo crotalária foi a responsável pelos resultados melhores das variáveis vegetativas: massa fresca e seca das: folhas e total.

A cobertura do solo mucuna-preta foi a responsável pela maior produtividade de grãos ( $1.441,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ), estimada com a utilização de  $414,9 \text{ mm}$ , apenas 12% acima da quantidade de água recomendada.

As doses de fósforo necessárias para os melhores resultados das variáveis vegetativas foram, em sua grande maioria, abaixo da dose recomendada de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O tratamento com aplicações semanais de fósforo, de acordo com a marcha de absorção, apresentou os melhores resultados para variáveis vegetativas massa fresca das folhas, caule e total, massa seca do caule.

O parcelamento do fósforo com aplicações semanais em porcentagens iguais (10% da dose recomendada), foi o responsável pela maior produtividade de grãos ( $1.276,74 \text{ kg ha}^{-1}$ ), estimada para uma dose de fósforo ótima de  $34,82 \text{ kg ha}^{-1}$ , 16% superior a dose recomendada.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World Agriculture Towards 2030/2050, The 2012 Revision. Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 154p. 2012.
- ALLEN, R. G. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 229, p. 27 - 41, 2000.
- AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; MURAOKA, T.; GUIRADO, N.; ROSSI, F. Nitrogen supply to corn from sunn hemp and velvet bean green manures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 386-394, 2009.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. A., DA SILVA DIAS, N., & FIGUEREDO, L. G. M. Doses de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de melancia em Parnaíba, PI. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SILVA, C. R.; DIAS, N. S.; RODRIGUES, B. H. N.; RIBEIRO, V. Q. **Produtividade e qualidade de frutos de melancia em resposta à aplicação de nitrogênio via fertirrigação**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 64).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, 2002.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.<sup>2</sup>, IRENE FILHO, J., FERREIRA, J. O. P., RIBEIRO, V. Q., BASTOS, E. A. Cultivares de feijão-caupi submetidas a diferentes regimes hídricos. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 02, p. 187-195, 2014.
- ANDRADE, C. L. T.; SILVA, A. A. G.; SOUZA, I. R. P.; CONCEIÇÃO, M. A. F. **Coefficientes de cultivo e de irrigação para o caupi**. Teresina: EMBRAPA-CNPAl, 1993. 6p. (EMBRAPA-CNPAl, Comunicado Técnico, 9).
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. e JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, n. 24, p. 867-874, 2000.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. DA.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R.L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005.
- AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.;

BATISTA, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 463-470, 2011.

ARAÚJO, T. V. O.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DE LIMA DUARTE, J. M.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012

ARAUJO, J. L.; FAQUIN, V.; DE ÁVILA, F. W.; PEDROSO, T. Q. Crescimento e acúmulo de fósforo pelo feijoeiro tratado com fosfato e fosfito via foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2381-2393, 2014.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo. p. 233-248, 1994.

SILVA, F. D. A. E., & AZEVEDO, C. D. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; PINHEIRO, J. A.; BRAGA, E. S.; VIANA, T. V. de A.; CAMBOIM NETO, L de F.; MARINHO, A. B. Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão-vigna de cor preta. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p. 152-159, 2011.

AZEVEDO, B. M., FERNANDES, C. N. V., NASCIMENTO NETO, J. R., ARAÚJO VIANA, T. V., VASCONCELOS, D. V., & DIAS, C. N. Frequência da fertirrigação fosfatada na produtividade da cultura da melancia. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 257-268, 2016.

BA, F.S.; PASQUET, R.E.; GEPTS, P. Genetic diversity in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] as revealed by RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [S.l.], v. 51, p. 539-550, 2004.

BACK, A. J. Necessidade de irrigação da cultura de feijão no sul do estado de Santa Catarina. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 7, n. 1, p. 35-44, 2001.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte**, 37p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 181). 2008.

BASTOS, E.A., RODRIGUES, B.H.N., ANDRADE JÚNIOR, A.S., CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes Hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, p. 43-50, 2002.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; DE ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DO NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, [S.l.], v. 1, p. 31-37, 2012.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: UNESP, 2003. 41p.

BENVINDO, R. N., PRADO, R. D., NOBREGA, J. C. A., & FLORES, R. A. Phosphorus fertilization on the nutrition and yield of cowpea grown in an arenosols **American-Eurasian Journal of agriculture and Environmental Science**, [S.l.], v. 14, p. 434-439, 2014.

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

BETTIOL, J. V. T., PEDRINHO, A., MERLOTI, L. F., BOSSOLANI, J. W., & DE SÁ, M. E. Plantas de cobertura, utilizando *Urochloa ruziziensis* solteira e em consórcio com leguminosas e seus efeitos sobre a produtividade de sementes do feijoeiro. **Uniciências** [S.l.], v. 19, n. 1, 2015.

BEZERRA, J. R. C.; FREIRE FILHO, F. R. Evapotranspiração da cultura do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no município de Teresina-Piauí. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ, 3, 1982, Teresina. **Anais**. Teresina: EMBRAPA-UEPAE Teresina. p. 304-324, 1984.

BEZERRA, M. J. M., FREITAS JÚNIOR, S. P., SANTOS, P. R. A., FEITOSA, E. O. & SILVA, L. S. Desempenho agrônômico de cultivares crioulos do feijão caupi para a região do cariri cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 7, 2017.

BLEVINS, D. G. Por que as plantas precisam de fósforo? **Better Crops, Norcross**, v. 83, n. 2, p. 29, 1999. (Informações Agrônômicas, 87).

BRITO, L. F. **Plantas de cobertura no sistema de plantio direto orgânico do milho em monocultivo e consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*)**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CAMARGO, M. C. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, 2012.

CAMPELO, A. R. **Estudo do manejo da cultura do melão submetida a diferentes frequências de irrigação e fertirrigação com N e P**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 76f. 2012.

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, Madson T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396-404, 2010.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station. 124p (Bulletin, 670), 1942.

COELHO, A. M. Fertigação. In: **Quimigação**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPASPI, Cap. 8, p. 201-220, 1994.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, sétimo levantamento. Safra 2016/17. 2017.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V. 6 - Safra 2018/2019, N.9 – nono levantamento, junho de 2019.

CONCEIÇÃO, M. A. F. A irrigação na produção de uvas para elaboração de vinhos finos. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2008. 20 p. (Circular Técnica, 79).

COUTINHO, P. W. R., DA SILVA, D. M. S., SALDANHA, E. C. M., OKUMURA, R. S., DA SILVA JÚNIOR, M. L. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014.

CUNHA, P. C. R. da; SILVEIRA, P. M. da; NASCIMENTO, J. L. do; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 735–742, 2013.

CRAVO, M. S.; SOUZA, B. D. L. Recomendação de Adubação e Calagem para Culturas Anuais - Feijão-Caupi. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Org.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, cap. 5, v. 1, p. 147-149, 2010.

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

DUTRA, A. F., DE MELO, A. S., FILGUEIRAS, L. M. B., DA SILVA, Á. R. F., DE OLIVEIRA, I. M., BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Inter Science Place**, [S.l.], v. 1, n. 17, 2011.

ELLIS, R. H. et al. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. V. Chickpea (*Cicer arietinum*). **Experimental Agriculture** [S.l.], v. 30, n. 3, p. 271-282, 1994.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1997. 212p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 169 p.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. **In: POTAFÓS**. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

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

FERNANDES, A. R.; FONSECA, M. R.; BRAZ, A. M. D. S. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró v. 26, n. 4, p. 54-62, 2013.

FERERES, C. E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. (Role of plant physiology in micro-irrigation. Recommendations for improved management). **Seminario Latinoamericano de Riego por Goteo y Riego Localizado**. p. 21-27, 1981.

FIGUEIRÊDO, V. B.; MEDEIROS, J. F. de; ZOCOLER, J. L.; SOBRINHO, J. E. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 231-240, 2009.

FORATTO, L. C.; ZANINI, J. R.; NATALE, W. Teor de fósforo e pH no bulbo molhado, com diferentes frequências de fertirrigação, utilizando ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 436-444, 2007.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 191 -210.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte-Livro científico, 2011, 80p.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. D.; REZENDE, R.; FARIA, M. D. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem. 356p. 2012.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Banco de dados de solos do Ceará: Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos**. Folha - SB. 24-Y-B-III da DSG/SUDENE Escala 1:100.000 Iguatu, 2012.

GARCIA, R. N.; FORNASIERI FILHO, D.; BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, D. A.; JÚNIOR, J. A. D. S. R.; MARCHIORI, R. V. Influência das culturas de cobertura morta e de nitrogênio sobre componentes produtivos do feijoeiro de inverno em sucessão ao milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, p. 115-122, 2006.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRS, 2005. 653 p.

GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro

irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Piracicaba: **Potafos**. 2001. 16p. Informações Agronômicas, 95

HERNANDEZ, F.B.T. Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1994.

HERRADA, M. R.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito. Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latino-americana**, [S.l.], v. 35, n. 4, p. 293-299, 2017.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal Soil Research**, [S.l.], v. 35, p. 227-239, 1997.

KARIKARI, B; ARKORFUL, E.; ADDY, S. Growth, nodulation and yield response of cowpea to phosphorus fertilizer application in Ghana. **Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 234-240, 2015.

KELLER, J. e KARMELI, D. **Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler**. Glendora, 133p, 1975.

LEITE, M. DE L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 43-51, 2004.

LIMA, F. F; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. V. B.; ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p. 544-550, 2011.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

LYRA, G.B., SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; LYRA, G.B., MOURA FILHO, G., ARAÚJO JUNIOR, R.F. Conteúdo de água no solo em cultivos de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 173-183. 2010.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro São Paulo. **Anais...**São Pedro, São Paulo; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2003. p.39.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MANTOVANI, E. C.; ZINATO, C. E.; SIMÃO, F. R. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da goiabeira**. Rozane, DE, Couto, FAA, EJA/UFV (eds.). Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 243-302, 2003.

MARANGONI, R. E.; DA SILVA ARAÚJO, L.; DE SOUZA VALENTE, M.; SILVA, L. G. B.; DA SILVEIRA, P. M.; DA CUNHA, P. C. R. Produção de fitomassa seca de guandu-anão e milho e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. 119-127, 2017.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II - Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

MARCOLAN, A. L. **Modo de adubação e absorção de fósforo pelas plantas**. 2007.

MARQUELLI, W. A. et al. Irrigação e fertirrigação do meloeiro por gotejamento. Brasília: EMBRAPA, 2001. 28 p. (Circular Técnica, 25).

MERLOTI, L. F., BOSSOLANI, J. W., BETTIOL, J. V. T., PEDRINHO, A., GOES, R. J., & ESTEVES, A. T. Produção do Feijoeiro cv. IAC Tunã sob Doses de Nitrogênio e de Rotação de Culturas com Leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 9, n. 4, 2014.

MORAIS, W. A., SOARES, F. A. L., CUNHA, F. N., VIDAL, V. M., DA SILVA, N. F., & TEIXEIRA, M. B. Reposição hídrica e adubação com NPK no crescimento e produção do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 496-506, 2016.

NASCIMENTO, S. P. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2009.

NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. **Cowpea taxonomy, origin germ plasm**. In: SINCH, S.R.; RACHIE, K. O., eds. Cowpea research, production and utilization. Chichester, John Wiley, p. 11-21. 1985.

NOGUEIRA, N. T.; SUARES, D. R.; CARVALHO, J. O. M.; MENDES, A. M. Adubos verdes como plantas de cobertura para o sistema de plantio direto em Porto Velho – RO. In: RESUMOS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7, 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [S.l.], 2011.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA S. R. M. **Densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação**. 2013. 104 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, G. A., ARAÚJO, W. F., CRUZ, P. L. S., DA LIMA, W. L. M., FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi às lâminas de irrigação e às doses de fósforo no cerrado de

- Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.
- OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.
- OLIVEIRA, S. R. M., ANDRADE JÚNIOR, A. S., RIBEIRO, V. Q., BRITO, R. R., CARVALHO, M. W. Interação de níveis de água e densidade de plantas no crescimento e produtividade do feijão-caupi, em Teresina, PI. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 502-513, 2015.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**, Ed. Manole, Piracicaba, 1990, 188p.
- ROCHA, W. S., DOS SANTOS, M. G., SAKAI, T. R. P., DA SILVA, T. A., FIDELIS, R. R., DOS SANTOS, M. M. Acúmulo de biomassa em função de doses de fósforo e inoculação de rizóbio em feijão-caupi. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 2, p. 273-286, 2018.
- ROSA, M. E. **Efeito da adubação verde e doses de estimulantes em plantio direto: no desenvolvimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes de feijão no Cerrado Sul-Mato-Grossense**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2018.
- ROSA, R. C. C.; MONNERAT, P. H.; SANTOS, A. L.; PIRES, A. A.; PINHO, L. G. R.; MARTINS, A. O. Doses de nitrogênio e potássio em fertirrigação em maracujazeiro amarelo consorciado com coqueiro-anão verde, na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 113-116, 2006.
- SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, L. A. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Fortaleza: EMBRAPA, 2000. 3 p. (Instruções Técnicas, 5).
- SANTOS, J. C. N. D., ANDRADE, E. M. D., MEDEIROS, P. H. A., GUERREIRO, M. J. S., & PALÁCIO, H. A. D. Q. Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, p. 251-260, 2017.
- SILVA, J.; LIMA E SILVA, P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K.M. Efeito do esterco bovino sobre rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, 2004.
- SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 97, n. 1, p. 1760-1768. 2010a.
- SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BRITO, R. S.; CAMPOS, J H. B. C. Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.l.], v. 161, n. 1, p. 45-59, 2010b.
- SILVA, A. J., UCHÔA, S. C. P., ALVES, J. M. A., LIMA, A. C. S., SANTOS, C. D., OLIVEIRA, J. D., & MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de

aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 31-36, 2010c.

SILVA, E. F. L., DE ARAÚJO, A. S. F., DOS SANTOS, V. B., NUNES, L. A. P. L., & CARNEIRO, R. F. V. Fixação biológica do N<sub>2</sub> em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010d.

SILVA, V. P. R.; SILVA, B. B.; BEZERRA, J. R. C.; ALMEIDA, R. S. R. Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão caupi cultivado em clima semiárido. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 662-672, 2016.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. **Fertirrigação em hortaliças**. ITEM, Brasília, v.52, p.45-8, 2001.

SOARES, A. L. L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.; VALE, H. M. M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M. S. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em perdões (MG). I – caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 795-802, 2006.

SOUZA, C. M.; PIRES, F.R. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: UFV, 2002. (Cadernos Didáticos, 96)

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M. Manejo da irrigação. *In: Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010. Cap. 11, p.240.

SOUZA, L. S. B., MOURA, M. S. B., SEDIYAMA, G., & SILVA, T. G. F. Crescimento e produtividade do milho e feijão-caupi em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no Semiárido. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 07, n. 3, p. 524-539, 2014.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241-248, 2005.

SOUZA, T. D., SOUZA, T. A., SOLTO, L. S., SÁ, F. D. S., PAIVA, E. D., BRITO, M. E. B., & MESQUITA, E. D. Crescimento e trocas gasosas do feijão-caupi cv. BRS Pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v. 21, p. 796-805, 2016.

STAMETS, P. & CHILTON, J.S. **The mushroom cultivator**. Washington, Agrikon Press, 1983. 415p

TAGLIAFERRE, C., SANTOS, T. J., SANTOS, L. C., SANTOS NETO, I. J., ROCHA, F. A., & PAULA, A. Características agrônômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 242-248, 2013.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.3, p. 867-876, 2011.

- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.
- VIANA, T. D. O.; VIEIRA, N. M. B.; MOREIRA, G. B. L.; BATISTA, R. O.; CARVALHO, S. J. P.; RODRIGUES, H. F. F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, 2011.
- VIANA, T. V. de A. *et al.* Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.
- VIEIRA, N. M. B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006 145 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. Brasil. 2006.
- ZANINI, J. R.; BARRETO, A. K. G.; FORATTO, L. C.; NATALE, W. Distribuição de fósforo no bulbo molhado, aplicado via fertirrigação por gotejamento com ácido fosfórico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 180-193, 2007.
- ZUCARELI, C., RAMOS JUNIOR, E. U., BARREIRO, A. P., NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 9-15, 2006.