

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

MARIA CECÍLIA FONSECA SCARPI

**INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO SOBRE
FEIJOEIRO-COMUM**

ALEGRE, ES

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Scarpi, Maria Cecília Fonseca, 1991-

S285i Influência de níveis de tensão de água no solo sobre feijoeiro-comum / Maria Cecília Fonseca Scarpi . – 2016.

67 f. : il.

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Coorientador: Giovani de Oliveira Garcia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Feijão comum. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Irrigação. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Garcia, Giovani de Oliveira. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

MARIA CECÍLIA FONSECA SCARPI

**INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO SOBRE
FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título Mestre em Produção Vegetal na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis

ALEGRE, ES

2016

MARIA CECÍLIA FONSECA SCARPI

**INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO SOBRE
FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título Mestre em Produção Vegetal na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Aprovada em 21 de novembro de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Edvaldo Fialho dos Reis (D.Sc.,
Engenharia agrícola) – CCAE/UFES
(Orientador)

Prof. Giovanni de Oliveira Garcia (D.Sc.,
Engenharia agrícola) – CCAE/UFES
(Coorientador)

Prof^a. Camila Aparecida da Silva Martins
(D.Sc., Produção Vegetal) – CCAE/UFES

Prof. Leandro Pin Dalvi (D.Sc.,
Fitotecnia) – CCAE/UFES

A meus familiares

DEDICO

Agradecimentos

A Deus, pela graça divina da minha existência, saúde e por ter me permitido realizar mais este sonho de vida, que por vezes me pareceu inatingível.

A minha família pelo interminável apoio, sem o qual não chegaria até aqui, em especial, minha mãe Renata, meu pai Helder, minha irmã Ana Paula e meu filho Raul origem de toda minha força de vontade de lutar e vencer.

Ao professor Edvaldo Fialho do Reis pela orientação na condução deste estudo.

À professora Camila Aparecida da Silva Martins pelas sugestões e ajuda durante a realização do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Henrique Deps pela bondade e generosidade em ter concedido o espaço e materiais para a realização do experimento.

Ao Engenheiro Agrônomo do Incaper José Carlos Menossi pela consultoria prestada.

A minha prima Amanda, aos meus amigos, Rafael, João Inácio de Paula e sua esposa Maria pela amizade e amparo.

Ao Victor Maurício e Joabe pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A CAPES pela concessão da bolsa.

A FAPES pela ajuda financeira.

RESUMO

SCARPI, Maria Cecília Fonseca; M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias. Novembro de 2016. **Influência de níveis de tensão de água no solo sobre feijoeiro-comum**. Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis. Coorientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

A disponibilidade de água é um dos principais fatores que reduzem a produtividade do feijoeiro-comum, cultura de grande importância socioeconômica nacional, o que ressalta a importância do manejo da irrigação a fim de garantir o suprimento e manutenção das atividades fisiológicas da planta. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência de níveis de tensão de água no solo sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de feijão em ambiente protegido. O estudo foi conduzido no município de Muniz Freire – ES. O experimento foi analisado em duas etapas, na primeira etapa o experimento foi analisado no esquema de parcelas subdivididas 2x5x2, sendo nas parcelas as cultivares em dois níveis (Xamego e Capixaba Precoce), nas subparcelas as tensões em cinco níveis (25; 35; 45; 60; e 75 kPa) e nas subsubparcelas os estádios fenológicos em dois níveis (R5 e R8), em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Na segunda etapa onde a produção da cultura foi avaliada no estágio fenológico R9, o experimento foi analisado em esquema de parcelas subdivididas 2x5, tendo nas parcelas as cultivares em dois níveis (Xamego e Capixaba Precoce) e nas subparcelas as tensões em cinco níveis (25; 35; 45; 60; e 75 kPa), em um DIC, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de duas plantas por vaso. Na primeira etapa objetivou-se analisar o desenvolvimento da cultura através da determinação da massa seca total, massa da parte aérea (caule e folhas) e massa do sistema radicular e na segunda etapa objetivou-se avaliar a produção por meio do número de vagens por parcela, número de grãos por vagem, número de grãos por parcela, comprimento das vagens e massa de 100 grãos. Em ambas cultivares as tensões maiores que 25 kPa proporcionaram decréscimos de até 56% no acúmulo de massa seca total. Houve decréscimo nos componentes de rendimento com o aumento das tensões. Para os principais, massa de 100 grãos e número de grãos por parcela, o aumento das tensões de 25 a 75 kPa proporcionou decréscimos de aproximadamente 11% e 16% da massa de 100 grãos para a cultivar Xamego e Capixaba Precoce respectivamente. E decréscimos de aproximadamente 36% e 37% para as cultivares Xamego e Capixaba Precoce respectivamente.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris*, Disponibilidade hídrica, Irrigação

ABSTRACT

SCARPI, Maria Cecília Fonseca; M.Sc. Federal University of Espírito Santo – Agruculture Science Center. November 2016. **Influence of soil water stress levels on the development and production of two bean cultivars.** Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis. Coorientador: Giovanni de Oliveira Garcia.

The water availability is one of the main factors that reduce the productivity of common bean, a crop of great national socioeconomic importance, which emphasizes the importance of irrigation management in order to guarantee the supply and maintenance of the physiological activities of the plant. This study aimed to evaluate the influence of soil water stress levels on the development and production of two bean cultivars in a protected environment. The study was conducted in the municipality of Muniz Freire - ES. The experiment was analyzed in two stages, in the first stage the experiment was analyzed in the scheme of 2x5x2 sub - divided plots, being the cultivars in two levels (Xamego and Capixaba Precoce), in the subplots the tensions in five levels (25, 35, 45 , 60 and 75 kPa) and in the sub-subplots the phenological stages at two levels (R5 and R8), in a completely randomized design (DIC), with three replications. In the second stage, where the production of the crop was evaluated at the R9 phenological stage, the experiment was analyzed in a 2x5 subdivided scheme, with the cultivars at two levels (Xamego and Capixaba Precoce) and in the subplots the tensions at five levels (25 ; 35; 45; 60; and 75 kPa) in DIC with four replicates. The experimental unit consisted of two plants per vase. In the first stage, the objective was to analyze the development of the crop by determining the total dry mass, aerial part mass (stem and leaves) and root system mass and in the second stage the objective was to evaluate the production by means of the number of pods per Plot, number of grains per pod, number of grains per plot, pod length and weight of 100 grains. In both cultivars, tensions higher than 25 kPa provided decreases of up to 56% in total dry mass accumulation. There was a decrease in yield components with increasing stresses. For the main ones, mass of 100 grains and number of grains per plot, the increase of tensions of 25 to 75 kPa provided decreases of approximately 11% and 16% of the mass of 100 grains for the cultivar Xamego and Capixaba Precoce respectively and decreases of approximately 36% and 37% for the cultivars Xamego and Capixaba Precoce respectively.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, Water availability, Irrigation

Lista de Figuras

Figura 1- Curva de retenção de água no solo	23
Figura 2. Disposição do sistema de Irrigação e instalação dos tensiômetros	25
Figura 3. Disposição do sistema de irrigação com os tensiômetros instalados e cultura do feijoeiro em fase de desenvolvimento.	26
Figura 4. Plantas de feijão no estágio R5, primeiro corte. Cultivar Capixaba Precoce.	26
Figura 5. Plantas de feijão no estágio R5, primeiro corte. Cultivar Xamego	27
Figura 7. Massa seca total das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.	30
Figura 8. Massa seca total das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.	31
Figura 9- Massa seca aérea das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.	33
Figura 10. Massa seca aérea das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.	34
Figura 11- Massa seca foliar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.	35
Figura 12- Massa seca caulinar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.	36
Figura 13. Massa seca foliar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.	37
Figura 14. Massa seca caulinar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.	37
Figura 15- Massa seca radicular das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.	39
Figura 16. Massa seca radicular das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.	40
Figura 17. Massa seca radicular das plantas no estágio fenológico R9 em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa). Cultivar Capixaba Precoce.	41

- Figura 18.** Massa seca radicular das plantas no estágio fenológico R9 em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa). Cultivar Xamego.....42
- Figura 19-** Número de vagens por parcela das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.....42
- Figura 20.** Número grãos por parcela das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.....45
- Figura 21.** Número de grãos por vagens das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.....47
- Figura 22.** Comprimento médio das vagens das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.....48
- Figura 23.** Peso de 100 grãos das cultivar Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.50

Lista de Tabelas

Tabela 1- Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento.	22
Tabela 2- Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento. Capacidade de campo (CC), Ponto de murcha (PM), Densidade do solo (Ds), Areia, Silte e Argila.	22
Tabela 3- Massa seca total em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no solo para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.	31
Tabela 4- Massa seca aérea em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.	34
Tabela 5- Massa seca foliar em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.	38
Tabela 6- Massa seca caulinar em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.	38
Tabela 7- Médias dos desdobramentos das tensões dentro de cada nível dos estádios fenológicos (E.F.), para a variável massa seca radicular para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.	40
Tabela 8 – Número de vagens em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.	44
Tabela 9 – Número de grãos por parcela em função das variedades (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.	46
Tabela 10 – Número de grãos por vagem em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.	47
Tabela 11 – Comprimento médio das vagens em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.	49
Tabela 12 – Peso de 100 grãos em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.	51

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	HIPÓTESE	14
3.	OBJETIVO	15
3.1.	Objetivos específicos	15
4.	REVISÃO DE LITERATURA	15
4.1.	Importância socioeconômica da cultura	15
4.2.	Épocas de cultivo do feijoeiro	16
4.2.1.	CARACTERIZAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DAS CULTIVARES	17
4.3.	Deficiência hídrica e respostas do feijoeiro a irrigação	18
5.	MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1.	Local do Experimento	21
5.2.	Solo utilizado	22
5.3.	Delineamento Experimental	24
5.4.	Condução do Experimento	24
5.5.	Características avaliadas	28
5.5.1.	MASSA SECA TOTAL	28
5.5.2.	COMPONENTES DE PRODUÇÃO	28
5.6.	Análise estatística dos dados	29
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1.	Variáveis de Crescimento	29
6.1.1.	Massa seca total	29
6.1.2.	Massa seca aérea	32
6.1.3.	Massa seca foliar e do caule	35
6.1.4.	Massa seca da Raiz	39
6.2.	Variáveis de produção	42
6.2.1.	Número de vagens por parcela	42
6.2.1.	Número de grãos por parcela	44
6.2.2.	Número de grãos por vagem	46
6.2.3.	Comprimento médio das vagens	48
6.2.4.	Peso de 100 grãos	50
7.	CONCLUSÕES	53
8.	APÊNDICES	54
9.	REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum, *Phaseolus vulgaris*, além de ser um alimento de alto valor nutritivo por apresentar alto conteúdo proteico é de grande importância socioeconômica nacional, devido ao grande emprego de mão de obra durante seu ciclo produtivo (ABREU, 2005).

O Brasil se posiciona em terceiro lugar no ranking mundial de produção de feijão em seguida de Myanmar e Índia, e se situa em primeiro lugar no consumo e produção do Mercosul, o país produz cerca de 3.333 milhões de toneladas em uma produção mundial de aproximadamente 22,9 milhões de toneladas, a produção de feijão no Brasil se concentra nos Estados do Paraná e Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás (CONAB, 2015).

A produção de feijão-comum no Estado do Espírito Santo é realizada em pequena escala e não apresenta significância no cenário produtivo nacional, dessa forma requer mais pesquisas na área a fim de promover o aumento do rendimento da cultura. O Estado tem sua produção concentrada na “época das águas” (1ª safra), estes se encontram nas regiões Serrana e Sul do Estado do Espírito Santo (FONSECA et al, 2007). Os produtores mais tecnificados, utilizam pivô-central e obtêm produtividades mais altas, concentrando sua produção nas safras da seca e do inverno (2ª e 3ª safra) (PESSÔA, 2007).

Além de fatores como: preparo do solo, manejo de pragas e doenças e adubação que influenciam diretamente no desempenho da cultura, segundo a Portaria 38/2012 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010), a planta de feijão é bastante sensível às condições climáticas, e tem seu ciclo e produtividade fortemente afetados pela temperatura, precipitação pluvial e radiação solar. A cultura apresenta sistema radicular superficial e a deficiência hídrica prejudica intensamente os estádios de floração e formação das vagens. O período mais crítico se situa entre 15 dias antes da floração e a floração plena (GOMES et al., 1991).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), mudanças no estado hídrico das plantas afetam processos fisiológicos como transpiração, fotossíntese, respiração, crescimento e produtividade. Dessa forma, variações na disponibilidade de água para as plantas interferem diretamente no seu desenvolvimento e produção. Estudos realizados com tensões de água no solo comprovam a sensibilidade do feijoeiro a deficiência hídrica, nos trabalhos de Queiroz *et*

al. (2004) e Figuerêdo *et al.* (2008), com o aumento da tensão de água no solo, ou seja, diminuição da disponibilidade hídrica, obtiveram queda na produção de feijão.

Nesse contexto, vale ressaltar a importância do fornecimento adequado de água para as plantas, que ocorre pela implantação e o manejo de um sistema de irrigação, a fim de garantir o suprimento de água e manutenção das atividades fisiológicas da planta independentemente do caráter aleatório das chuvas. Essa prática torna possível a produção em áreas antes consideradas inaptas ao cultivo de feijão além de promover expressivos aumentos em produtividade, e manter a agricultura e o agronegócio em destaque na economia nacional e internacional (MACEDO, 2015).

Tendo em vista a necessidade de economia de água devido à crise hídrica atual e a fim de garantir a sustentabilidade da lavoura, deve-se obter a maior eficiência no uso da água, dessa forma se torna imprescindível o correto manejo do sistema de irrigação.

Segundo Hernandez (1999), existem três processos básicos de manejo da irrigação: processos com base nas condições atmosféricas, nas condições de água do solo e nas condições de água nas plantas. Além disso, o manejo da irrigação também pode ser realizado pela conjugação do controle da irrigação via atmosfera e via solo. Dentro desse contexto, o tensiômetro é um equipamento utilizado no manejo da irrigação que se enquadra nos métodos que utilizam como base as condições de água do solo. Este equipamento realiza a leitura do potencial mátrico do solo em uma tensão de 0 a 90 kPA. A leitura do potencial mátrico do solo é feita quando a água do solo e a água do interior do equipamento entram em equilíbrio (COELHO & TEIXEIRA, 2004).

Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência de níveis de tensões de água no solo sobre o feijoeiro-comum em ambiente protegido.

2. HIPÓTESE

A medida que aumenta a tensão de água no solo, ou seja, diminui a disponibilidade hídrica para as plantas de feijão, nos estádios reprodutivos de floração, enchimento de grãos e maturação completa, o crescimento vegetativo e a produção decrescem.

3. OBJETIVO

Avaliar a influência de diferentes níveis de tensões de água no solo sobre o feijoeiro-comum em ambiente protegido.

3.1. Objetivos específicos

- I- Avaliar o crescimento vegetativo das plantas submetidas a cinco níveis de tensões de água no solo (25; 35; 45; 60 e 75 kPa) nos estádios fenológicos R5 (pré-floração) e R8 (enchimento de vagens).
- II- Avaliar a influência de cinco níveis de tensão de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa) sobre a produção no estágio R9 (maturação) das cultivares de feijão (Xamego e Capixaba Precoce);

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Importância socioeconômica da cultura

Phaseolus vulgaris é uma planta anual, herbácea, pertencente à família *Fabaceae*, suas sementes possuem alto teor de carboidratos, proteínas, fibras, compostos fenólicos, vitaminas e minerais, o que explica o fato de estar entre os principais elementos da alimentação dos brasileiros (ABREU, 2005).

O feijoeiro possui ampla adaptabilidade a diversas condições edafoclimáticas, dessa forma integra o sistema de produção de pequenos produtores rurais de todo Brasil. Tanto em sistema de cultivo das “águas” quanto da “seca” é importante nas regiões Sul e Sudeste, o cultivo da seca se destaca na região Centro-Oeste. Já nas regiões Norte e Nordeste se sobressaem o cultivo do Feijão Caupi (*Vigna unguiculata*) (COBUCCI, 1999). De acordo com Abreu (2005), o feijão é um dos produtos agrícolas de maior relevância no cenário socioeconômico nacional, devido ao grande emprego de mão de obra durante seu ciclo.

De acordo com a Conab (2015) o Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial em seguida de Myanmar e Índia, já na produção do Mercado Comum do Sul (Mercosul) de 3,6 milhões de toneladas, Nos últimos quatro anos o Brasil se destaca com média de 3,1 milhões de toneladas anuais, com participação de 90% na produção e consumo além de se posicionar como principal importador de feijão comum preto da Argentina. O consumo anual de feijão no Brasil varia de 3,3 a 3,6 milhões de toneladas em razão da disponibilidade interna e preços praticados no mercado.

Os maiores Estados produtores de feijão são Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás (CONAB, 2015). A produção de feijão no Estado do Espírito Santo ainda é pequena e insignificante no cenário produtivo nacional, o que remete a importância do incentivo ao desenvolvimento de pesquisas na área a fim de aumentar a produção no Estado.

Nos últimos anos a área cultivada com feijão diminuiu, por fatores como baixos preços praticados no mercado, riscos climáticos e atratividade com outras culturas (CONAB, 2015). Segundo Wander (2005), a cultura do feijão é uma das culturas mais sensíveis às variações climáticas e seu rendimento é fortemente afetado pela temperatura e condições hídricas do solo. De forma que o feijoeiro tem seu desenvolvimento e produção afetados em proporções diferentes em cada estágio da cultura.

4.2. Épocas de cultivo do feijoeiro

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2010), no Brasil o feijoeiro é semeado em três épocas, sendo a primeira safra (safra das águas), colheita de novembro a abril e se concentra nas regiões Sul, Sudeste e nos Estados de Goiás, Piauí e Bahia.

A segunda Safra, também conhecida como safra da seca, colheita de abril a julho, se concentra nas regiões Nordeste, Sul, Sudeste e nos Estados de Mato Grosso, Rondônia e Goiás (MAPA, 2010).

A terceira safra, ou safra de inverno, tem sua colheita de julho a outubro e se concentra em Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Pará, Pernambuco e Alagoas (MAPA, 2010). O mercado está sendo abastecido com feijões de 2ª e 3ª safra, com uma pequena parcela de produto importado (CONAB, 2015).

Segundo a Embrapa (2003), o plantio de inverno só pode ser conduzido em regiões onde o inverno é ameno, sem ocorrência de geadas, como em algumas áreas de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Espírito Santo, nesse plantio há necessidade de irrigação. Azevedo (2008) afirma que a realização adequada da irrigação e adubação, concorrem ao lado de uma equilibrada população de plantas, para níveis de produtividade acima de 3.000kg ha⁻¹.

A produção de terceira safra desempenha um papel importante no mercado, pois, permite maior estabilidade do mercado, equilibrando a oferta e demanda do produto que apresenta problemas de estocagem; ajuda a diminuir a variação nos preços; permite rotação de cultura, dessa forma quando o mercado se apresenta instável possibilita o produtor a desistir do plantio; Permite o produtor a realizar um estudo das condições do mercado das safras anteriores e fazer uma estimativa do abastecimento do mercado na época de colheita (FUSCALDI & PRADO, 2005).

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DAS CULTIVARES

No presente trabalho foram utilizadas as variedades de feijão do grupo comercial preto EMCAPA 406-XAMEGO e Capixaba Precoce.

A cultivar Xamego é resultante do cruzamento (LM 20771 x BAT 256)F1 x (LM20322 x BAT 67)F1, realizado no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e introduzido no Brasil, pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF-EMBRAPA). A cultivar apresenta resistência a doenças fungicas como antracnose, ferrugem e mosaico comum, e em condições de campo é moderadamente resistente a murcha de *Fusarium* e suscetível a crestamento bacteriano comum (EMBRAPA, 1995).

A linhagem FE 732007 foi colocada à disposição do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). Em 1993, com o nome Xamego foi indicada para o lançamento nos Estados de Goiás, Espírito Santo e Rio de Janeiro. A cultivar pertence ao grupo comercial preto, possui porte ereto, floração média aos 42 dias, cor da flor violeta, em crescimento do tipo indeterminado, sementes opacas e peso de 100 sementes de 17,3 g (EMBRAPA, 1995). A cultivar Xamego, pertence ao grupo comercial de feijão preto, que tem sua produção

concentrada na região Sul do País, e cerca de 58,6% da produção de feijão preto é oriunda da 1ª safra (CONAB, 2015).

E a segunda cultivar utilizada foi a Capixaba Precoce, segundo Vieira (1985), as cultivares precoces possuem baixa produtividade em relação às cultivares de ciclo normal, porém ainda apresentam inúmeras vantagens, por exemplo, quando há falta ou excesso de chuva na safra da “seca” e dessa forma o plantio é atrasado, as cultivares precoces podem ser usadas no curto período de chuvas que lhes restam; Podem ser plantadas por agricultores que plantam cultivares de ciclo normal, afim de fornecer retorno econômico mais rápido e aumentar a probabilidade de colheita em épocas de seca, além disso pelo seu ciclo curto podem ser produzidas entre o plantio da “seca” e o “arruamento” do café.

Capixaba Precoce é uma cultivar melhorada de origem colombiana recomendada para o Estado do Espírito Santo, possui tolerância à antracnose e produtividade média de 1.510 kg por hectare (PACOVA *et al.*, 1987). Possui peso de 100 sementes de 16 gramas.

4.3. Deficiência hídrica e respostas do feijoeiro a irrigação

O feijão não irrigado é plantado na safra das águas e safra da seca, segundo Ramalho (2005), na primeira safra o principal risco é a colheita coincidir com períodos de chuvas intermitentes, podendo causar perdas na produtividade e na qualidade do produto e na segunda safra o principal risco é ocorrer ausência de precipitação por períodos prolongados durante o desenvolvimento da cultura.

As áreas aptas à produção de feijão devem apresentar precipitações anuais entre 500 e 1.500 mm, porém, a quantidade de chuva para suprir a demanda durante o ciclo da cultura varia de 300 a 400 mm, dependendo da capacidade de retenção de água do solo (SILVEIRA & STONE, 2001).

Em relação ao déficit hídrico no feijoeiro, o período mais crítico é durante a floração e a formação de vagens, provocando redução no número de vagens por planta e no número de sementes por vagem (MAPA, 2010). O estresse hídrico na fase inicial afeta o processo germinativo, o que compromete o estabelecimento da cultura e pode paralisar o crescimento ou retardar o desenvolvimento (CARDOSO *et al.*, 2000). Os efeitos do déficit hídrico

Iniciam-se quando a taxa de evapotranspiração supera a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para a parte aérea da planta (SANTANA, 2007).

“A intensidade dos danos provocados pelo estresse depende da duração, intensidade, frequência e época de sua ocorrência” (GUIMARÃES, 1998), segundo o Mapa (2010), o período crítico do feijão em resposta a deficiência hídrica compreende aos estádios de floração e o estágio inicial de formação das vagens, mais precisamente 15 dias antes da floração. Com isso as respostas principais esperadas do feijoeiro ao déficit são queda no rendimento devido à redução do número de vagens por planta e, em menor escala, à diminuição do número de sementes por vagem.

A deficiência hídrica implica na redução da taxa fotossintética, o que resulta na perda de produtividade a um valor dependente da etapa fenológica em que esse estresse acontece. Oliveira (2005) ressalta que o efeito da deficiência hídrica em sementes provoca redução da germinação, já no período vegetativo, o principal efeito é a redução de área foliar, no estágio de floração ocorre abscisão de flores e consequente redução no número de vagens por planta, além de provocar queda no enchimento de grãos, número de grãos e peso de vagens. Para Santos *et al.* (1998), a ocorrência de déficit hídrico durante a floração do feijoeiro provoca as maiores reduções de produtividade.

Dessa forma a irrigação é de suma importância para a produção de inverno, pois o feijoeiro tem baixa capacidade de recuperação após o déficit hídrico devido ao fato de seu sistema radicular ser pouco desenvolvido e tem baixa capacidade fotossintética (GUIMARÃES, 1988; LOPES *et al.*, 1987). Os métodos de irrigação mais utilizados na cultura do feijão são: aspersão convencional, auto propelido e pivô central (SILVEIRA & STONE, 2003).

O plantio do feijão na terceira safra tem inúmeras vantagens, pois de acordo com Santana (2007), além de se reduzirem os riscos supracitados, obtêm-se grãos de boa qualidade fitossanitária (podendo ser comercializados como sementes), oferta do produto na entressafra e facilidade na obtenção de mão de obra.

No trabalho de Monteiro *et al.* (2012), houve aumento significativo das variáveis agronômicas do feijão (índice de área foliar, produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem) em resposta ao aumento na irrigação.

Utilizando diferentes lâminas de irrigação no trabalho de Nobrega et al. (2004), na região de Lagoa Seca - PB, obtiveram produtividades de 1.258 kg ha⁻¹, 1.483kg.ha⁻¹, 1.796 kg.ha⁻¹ e 1.839 kg ha⁻¹ ao aplicarem 80, 140, 160 e 320 mm de água, respectivamente.

No trabalho de Folegatti *et al.* (1999), feito com irrigação em sulcos, obtiverem aumento no rendimento do feijoeiro comum de 70,1, 65,4 e 34,6%, para 100%, 50% e 0% da lâmina útil aplicada no final do sulco respectivamente.

Em um trabalho com cultivo de feijão Caupi de Almeida *et al.* (2015), utilizando diferentes lâminas de irrigação como tratamento, são elas, 25, 50, 75 e 100% da evapotranspiração da cultura, obtiveram aumento gradual nas características número de vagens por planta e massa de vagens por planta.

4.4. Tensão de água no solo

A tensão também é conhecida como potencial matricial do solo, devido a afinidade da água com a matriz do solo, que se dá pelas forças de adesão e coesão que conferem os fenômenos de adsorção e capilaridade da mesma (GOMIDE, 2000).

Segundo Smajstrla e Harrison (1998) o potencial matricial do solo é um ótimo indicador de disponibilidade de água para as plantas, o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo. Para Cary e Fisher (1983) a determinação da tensão de água no solo no solo permite indicar o momento e a quantidade adequada de água a ser aplicada ao solo e determinar o fluxo de água no solo e a sua disponibilidade para as plantas. A disponibilidade hídrica diminui à medida que a tensão de água no solo aumenta.

A medida do potencial mátrico por tensiômetro é, em geral, limitada para valores menores que 1 atm, porém no campo cobre o principal intervalo de umidade do solo de importância em práticas agrícolas (REICHARDT & TIMM, 2004; LIBARDI, 2004).

Para Silveira e Stone (2005) tensões até 10 kPa, correspondem a solos muito úmidos para a cultura do feijão. As tensões que proporcionam o melhor rendimento se dão entre 30 e 40 kPa, a partir desse intervalo a água torna-se um fator limitante ao desenvolvimento e produção da cultura.

Porém segundo uma pesquisa realizada pela Embrapa (1997), em um feijoeiro irrigado por aspersão considerando a produtividade e economicidade, deve-se manter a tensão de água no solo medida a 0,15 m, entre 25 e 30 kPa, dependendo da maior ou menos demanda evaporativa da atmosfera.

No trabalho de Queiroz *et al.* (2004), com cultivo de feijoeiro comum submetido a diferentes tensões de água no solo, os tratamentos foram de 5, 30, 45 e 60 kPa, houve tendência linear de diminuição tanto do número de vagens quanto do número de grãos com o aumento da tensão de água no solo.

Para Fiquerêdo *et al.* (2008), em foram testados tensões de 33, 50, 70, 100, 500 e 1000 kPa, para o cultivo do feijoeiro comum, cultivar Carioca, obtiveram maiores produções na tensão de 37 kPa.

No experimento de Sousa Júnior *et al.* (2007), em o feijoeiro comum foi submetido aos níveis de tensão de água no solo de 10, 30, 50 e 70 kPa, obtivera, as maiores e produtividades na tensão de 30 kPa, na região de Patos de Minas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local do Experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de fevereiro a maio de 2016, em ambiente protegido, localizada no município de Muniz Freire – ES, situado a 558 metros de altitude, com as coordenadas geográficas são: Latitude: 24° 87' 06" Sul Longitude: 77° 36' 069" Oeste.

Segundo a classificação de Köeppen o clima do tipo “Aw” - Megatérmico, com temperatura média anual de 22,5°C. O município se localiza na região montanhosa do Caparaó, e 1219 mm é a pluviosidade média anual. A região é caracterizada por relevo acidentado (IEMA, 2014).

Utilizou-se um ambiente protegido do tipo capela, com orientação Leste-Oeste e dimensões de 15,0 m de comprimento, 5,0 m de largura, pé-direito de 4,0 m e altura a

cumeeira era coberta com filme de polietileno. Suas laterais eram constituídas de tela sombrite de 50%.

5.2. Solo utilizado

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho-Amarelo predominante na região, coletado em uma área com pastagem no município de Muniz Freire-ES, na profundidade de 0 a 0,30 metros. O solo foi destorroado e passado numa peneira de dois milímetros e homogeneizado. Desse solo foi retirada uma amostra que foi encaminhada análises físicas e químicas.

Tabela 1- Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	t	V	M.O.
	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				%		g	
											kg ⁻¹
5,47	2,21	64,00	4,0	1,48	0,37	0,15	3,71	5,74	2,18	35,37	15,28

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K e Na: extrator de Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator HCl 1 mol.l⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol.L⁻¹ e determinação por titulometria; H + AL: extrator de Acetato de Cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0; Matéria Orgânica: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

Tabela 2- Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento. Capacidade de campo (CC), Ponto de murcha (PM), Densidade do solo (Ds), Areia, Silte e Argila.

CC	PM	Ds	Areia	Silte	Argila
(m ³ .m ⁻³)	(m ³ .m ⁻³)	(g.cm ⁻³)		%	
0,249	0,108	1,14	58	8	34

O calcário foi aplicado 30 adias antes do plantio pelo método de saturação por bases (VAN RAJI, 1991). Após a calagem e adição de matéria orgânica, cerca de 370 gramas (2,5% de matéria orgânica) de esterco bovino por vaso, uma amostra de solo foi retirada e encaminhada para a determinação da curva de retenção de água no solo.

A curva de retenção de água no solo foi obtida com a utilização do programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), foi gerada a equação, ajustada segundo modelo proposto por van Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão de água no solo (Equação 1). Com base na equação e

nos valores observados, foi gerada uma curva de retenção de água no solo para a camada em estudo.

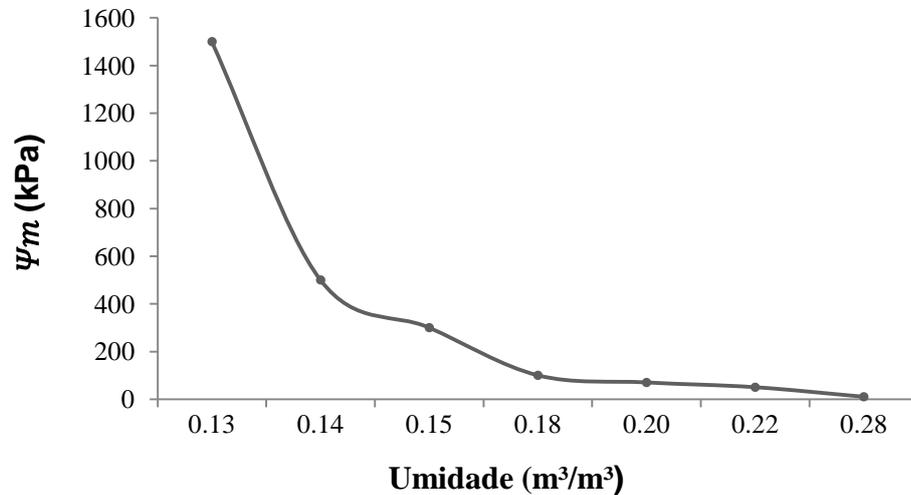


Figura 1- Curva de retenção de água no solo

Modelo matemático proposto por Van Genuchten, 1980:

$$\theta = \theta_{\text{sat}} + \frac{(\theta_{\text{sat}} - \theta_r)}{[1 + (\alpha \Psi)^n]^m} \quad (1)$$

Parâmetros: α , n , m

θ_{sat} = Umidade volumétrica saturada

θ_r = Umidade volumétrica residual

Ψ = Sucção

Valores da fórmula obtidos para o presente trabalho, equação 2:

$$\theta = 0,123 + \frac{(0,300 - 0,123)}{[1 + (0,0455 \Psi)^{1,6746}]^{0,4031}} \quad (2)$$

A adubação química de plantio, foi realizada diretamente nos vasos, de acordo com a metodologia proposta por Novais *et al.* (1991) para ambiente controlado. Foram aplicados 100 mg de sulfato de amônio (20% de nitrogênio) por kg de solo, 25 g de cloreto de potássio (58% K₂O) por kg de solo e 2,3 g superfosfato simples (18% de P₂O₅) por kg de solo.

5.3. Delineamento Experimental

O experimento foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa objetivou-se analisar o desenvolvimento do feijoeiro submetido a diferentes tensões de água no solo até o estágio reprodutivo R5 e R8. Nessa etapa o experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas 2 x 5 x 2, sendo nas parcelas as cultivares em dois níveis (Xamego e Capixaba Precoce), nas subparcelas as tensões de água no solo em cinco níveis (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), e nas subsubparcelas os estádios fenológicos do feijoeiro em dois níveis (R5 e R8), com três repetições, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Sendo que os estádios fenológicos R5 e R8 foram caracterizados aos 31 e 51 dias após o plantio, respectivamente,

E na segunda etapa objetivou-se avaliar a produção do feijoeiro submetido a diferentes tensões de água no solo até o estágio reprodutivo R9. Nessa etapa o experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas 2 x 5, tendo nas parcelas as cultivares em dois níveis (Xamego e Capixaba Precoce) e nas subparcelas as tensões de água no solo em cinco níveis (25; 35; 45; 60; e 75 kPa), em um delineamento casualizado (DIC), com quatro repetições. Sendo que o estágio fenológico R9 foi caracterizado aos 70 dias após o plantio para a variedade Capixaba Precoce e aos 100 dias após o plantio para a variedade Xamego.

5.4. Condução do Experimento

Foi realizado um experimento, em que foram avaliados os estádios fenológicos R5, R8 e R9, dessa forma para melhor avaliação das variáveis e realização da análise estatística o experimento foi dividido em duas etapas descritas anteriormente no tópico sobre delineamento experimental.

Foi utilizada irrigação localizada, por gotejamento. A irrigação foi composta de uma linha principal e duas linhas de derivação. Cada linha de derivação com 5 linhas laterais, com espaçamento de 0.5 m entre linhas, um total de 10 linhas gotejadoras, cada linha contemplava

10 vasos, sendo um gotejador por vaso, um total de 100 vasos (com capacidade volumétrica de 14 dm³), 50 vasos para cada variedade. A linha principal e as linhas de derivação foram constituídas por uma tubulação de pvc de ½ polegada. Cada linha de lateral possuía registro próprio. (Figuras 2 e 3).

Após a filtragem, a pressão da água era medida pelo manômetro para assegurar que a pressão estava dentro dos limites requeridos para o funcionamento correto dos gotejadores (pressão de trabalho 10,4 kPa e vazão de 2,5 L h⁻¹).

Em cada tratamento havia dois tensiômetros instalados, um a cada cinco vasos posicionados a 0,05 m do caule da planta e a 0,15 m de profundidade.

O momento de irrigar foi definido com base na tensão de água no solo, que por sua vez, foi determinada pela média dos dois tensiômetros instalados ao longo de cada tratamento. Terminado o tempo de irrigação cessava-se a irrigação.



Figura 2. Disposição do sistema de Irrigação e instalação dos tensiômetros



Figura 3. Disposição do sistema de irrigação com os tensiômetros instalados e cultura do feijoeiro em fase de desenvolvimento.

As tensões para a cultivar Capixaba Precoce foram dispostos na ordem: 45 kPa, 25kPa, 60 kPa, 35 kPa e 75 kPa, (Figura 4).

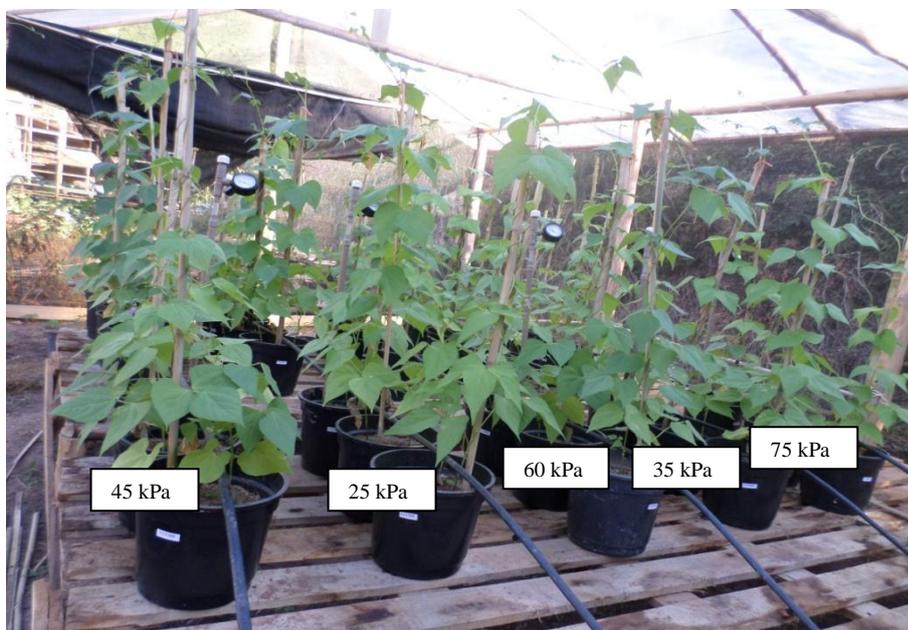


Figura 4. Plantas de feijão no estágio R5, primeiro corte. Cultivar Capixaba Precoce.

As tensões para a cultivar Emcapa-404 Xamego foram dispostos na ordem: 60 kPa, 35kPa, 25 kPa, 75 kPa e 45 kPa, (Figura5).

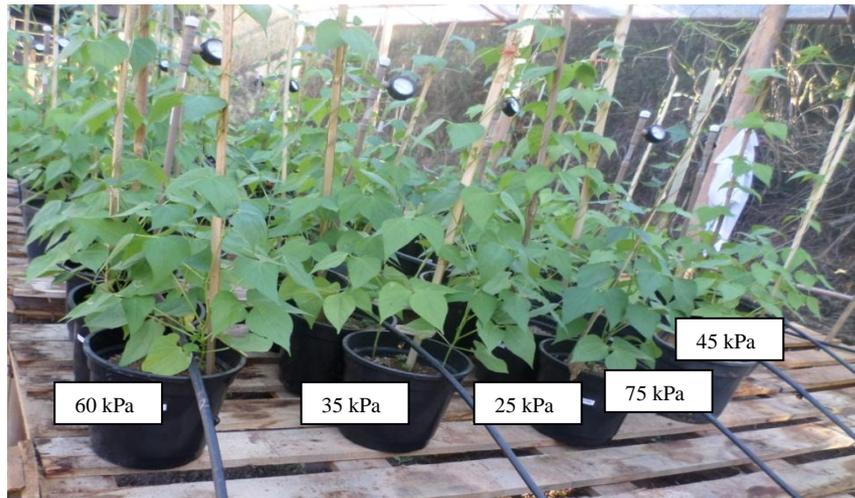


Figura 5. Plantas de feijão no estágio R5, primeiro corte. Cultivar Xamego

O tempo de irrigação foi determinado de acordo com a umidade requerida em cada tensão avaliada, baseado na equação 2 de acordo com Kalungu (2008).

$$T_i = \frac{(\theta_{cc} - \theta_a).C_s.A_v}{q \cdot ef} \quad (2)$$

Em que:

T_i - tempo de irrigação por planta, horas;

θ_{cc} - umidade volumétrica na tensão requerida capacidade de campo, $m^3 \cdot m^{-3}$;

θ_a - umidade volumétrica atual (Tensiômetro), $m^3 \cdot m^{-3}$;

C_s – Camada de solo considerada 0,25 m;

A_v – Área do vaso 0,0615 m^2

q - vazão do emissor, $m^3 \cdot hora$;

ef - eficiência de aplicação, 0,9.

As sementes certificadas de feijão foram obtidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). O plantio foi feito com quatro sementes por vaso distanciadas 10 cm entre si a uma profundidade de três centímetros, após a plena emergência das plantas, foi realizado um desbaste, foram conduzidas duas plantas por vaso.

As plantas foram irrigadas igualmente até o 15º dia a fim de garantir o estabelecimento das plantas.

Três semanas após o plantio foi feito um tutoramento do tipo vertical, que segundo Zambolim *et al.* (1989) além de evitar contato das vagens com o solo, o tutoramento vertical permite melhorar a distribuição da radiação solar e a ventilação, reduzindo o período de molhamento foliar e conseqüentemente a severidade das doenças. Ao longo do experimento foram realizados controles fitossanitários com o auxílio de produtos indicados para a cultura de acordo com Quintela (2001) e o controle de plantas daninhas foi feito manualmente.

5.5. Características avaliadas

5.5.1. MASSA SECA TOTAL

Para os estádios R5 e R8, as plantas foram cortadas e separadas em folhas, caule e raiz, e acondicionadas em sacos de papel, que posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório de Recursos Hídricos do CCA/UFES, para a determinação de matéria seca total, obtida a partir da massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular. Para cada tensão as partes das plantas (raiz, caule e folhas) foram secas em estufa de circulação forçada a 70°C até atingirem massa constante, para a posterior determinação de massa seca total. Para a pesagem foi utilizada uma balança analítica de precisão.

5.5.2. COMPONENTES DE PRODUÇÃO

Os dados de produção foram obtidos pela contagem manual do número de vagens, número de sementes por vagem e número de sementes por parcela experimental.

O comprimento das vagens foi obtido com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. O peso das vagens e peso de 100 sementes foi obtido com o auxílio de uma balança analítica de precisão.

Utilizou-se um equipamento medidor de umidade de grãos G810, e estufa a 50°C, onde as sementes foram secas até atingir a umidade de 13% requerida para a obtenção do peso de 100 sementes.

5.6. Análise estatística dos dados

Para a execução das análises estatísticas foi utilizada a metodologia de Banzato e Kronka (2008). As características avaliadas foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância, sendo os fatores qualitativos submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. E o fator quantitativo por meio da análise de regressão. A ferramenta utilizada para as análises foi o software estatístico SAEG 9.1.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Variáveis de Crescimento

6.1.1. Massa seca total

No apêndice A, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo, dias após o transplante e cultivar, para a variável massa seca total das plantas em nível de 5% de probabilidade. Na figura 6, observa-se o estudo da variável massa seca total em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R8. Nota-se que tanto para a cultivar Xamego quanto para a cultivar Capixaba precoce, houve uma redução na massa seca total do feijoeiro à medida que aumentou a tensão de água no solo.

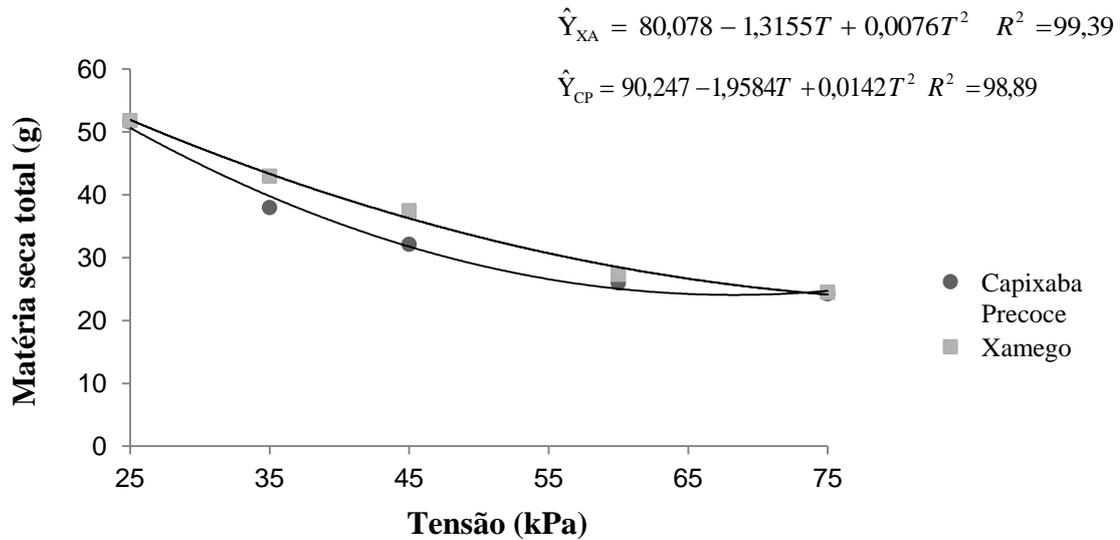


Figura 6. Massa seca total das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.

Para a variedade Xamego, dentre as tensões estudadas, a tensão de 75 kPa proporcionou menor acúmulo de massa seca total, com perda de 53,5% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para a cultivar Capixaba Precoce o ponto em que ocorre o menor acúmulo de massa seca total é na tensão de 68,9 kPa, com uma perda de 53,4% de massa seca total entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para ambas as cultivares, dentre as tensões estudadas, a tensão de 25 proporcionou o maior acúmulo de massa seca total.

Na figura 7 verifica-se o estudo da variável massa seca total e função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R5. Nota-se que para as cultivares em estudo não houve efeito significativo em função das tensões, sendo que $Y_{xa} = \bar{Y} = 12,54$ e $Y_{cp} = \bar{Y} = 12,54$.

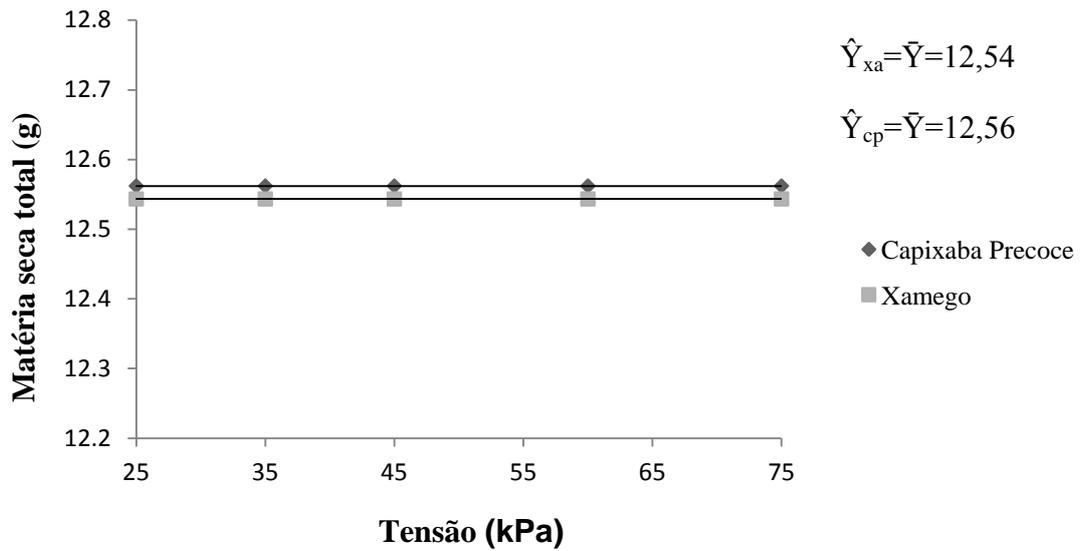


Figura 7. Massa seca total das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.

Na tabela 3, estudando a variável massa seca total em função dos estádios fenológicos para cada nível de tensão de água no, verifica-se que para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego houve aumento na massa seca total entre os estádios fenológicos R5 e R8.

Tabela 3- Massa seca total em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no solo para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.

E. F.	Massa seca total					Massa seca total				
	Capixaba Precoce					Xamego				
	Tensões (kPa)					Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75	25	35	45	60	75
R8	51.59 A	37.98 A	32.14 A	25.99 A	24.26 A	51.82 A	42.07 A	37.49 A	28.26 A	24.51 A
R5	13.53 B	12.50 B	13.43 B	11.94 B	11.48 B	13.34 B	13.06 B	10.05 B	14.66 B	11.60 B

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A determinação da massa de matéria seca é mais apropriada para análise de crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2004). A partir da análise de crescimento é possível descrever e interpretar o desempenho das espécies (HUNT, 1990). Para Andrade *et al.* (2009), a análise de crescimento permite manejar racionalmente as espécies cultivadas para a expressão do seu potencial de produção. A determinação da massa de matéria seca total permite avaliar o crescimento do feijoeiro como um todo sob diferentes tensões de água no solo.

O aumento de massa seca ocorre devido ao fato do feijoeiro se encontrar entre os estádios que antecedem a maturação, estágio de pré-floração e enchimento de grãos

respectivamente (FERNANDEZ *et al.*, 1982), nestes estádios a planta ainda esta em pleno crescimento, apenas no estádio de maturação a planta começa a perder massa, devido a translocação de carboidratos para o enchimento de grãos. Tal explicação se aplica aos tópicos subsequentes de massa seca aérea (folhas e caule) e massa seca radicular.

O mesmo ocorre no trabalho de Gomes *et al.* (2000), em que sob estresse hídrico houve severas reduções nos teores de massa seca da parte aérea do feijoeiro já na fase vegetativa a partir dos 28-35 dias após a semeadura. De acordo com Portes *et al.* (2006) a baixa disponibilidade hídrica afeta vários processos metabólicos da planta como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração fatores que causam queda da taxa de crescimento.

Assim como no trabalho de Stone *et al.* (1988), em que a taxa de produção de matéria seca decresceu a medida que a tensão de água no solo aumentava de 125 a 750 mb (milibar), o maior teor de matéria seca nos tratamentos de menor tensão ocorrem devido também ao retardamento na abscisão foliar em relação aos tratamentos de maior tensão.

Observa-se na tabela 3, que a cultivar Xamego produziu maior teor de massa seca total em relação a cultivar Capixaba Precoce, por ser uma cultivar mais robusta e mais produtiva, as cultivares precoces normalmente são menos produtivas e de menor porte do que as variedades de ciclo longo.

6.1.2. Massa seca aérea

No apêndice B, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo, dias após o transplântio e cultivar para a variável massa seca da parte aérea em nível de 5% de probabilidade. Na figura 8, observa-se o estudo da variável massa seca aérea em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego) para o estádio fenológico R8. De acordo com Gunton e Evenson, (1980) a matéria seca aérea está fortemente ligada com o índice de área foliar, que por sua vez apresenta uma correlação linear com a produção de grãos. Dessa forma à medida que aumenta o teor de matéria seca aérea aumenta a produção de grãos.

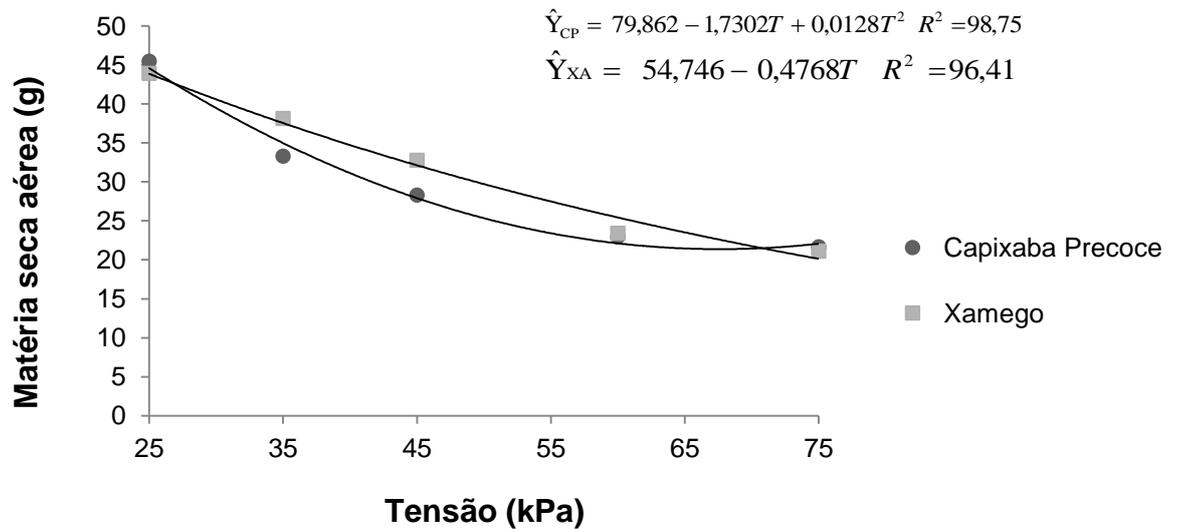


Figura 8- Massa seca aérea das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.

Para a variedade Xamego o ponto em que ocorre o menor acúmulo de massa seca aérea é na tensão de 75 kPa, com uma perda de 55,6% de massa seca aérea entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para a cultivar Capixaba Precoce o ponto mínimo onde há menos acúmulo de massa seca aérea se dá na tensão de 67,5 kPa, com perda de 50,4% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para ambas as cultivares, dentre as tensões estudadas, a tensão de 25 proporcionou o maior acúmulo de massa seca aérea.

Na figura 9 verifica-se o estudo da variável massa seca aérea e função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R5. Nota-se que para as cultivares em estudo não houve efeito significativo em função das tensões, sendo que $Y_{xa} = \bar{Y} = 9,39$ e $Y_{cp} = \bar{Y} = 9,66$.

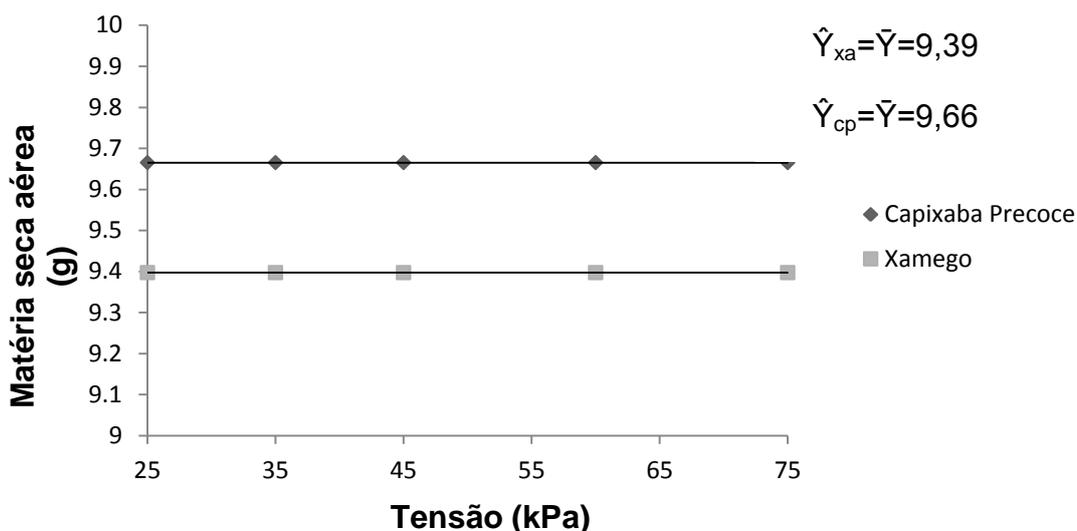


Figura 9. Massa seca aérea das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.

Estudando a variável massa seca aérea em função dos estádios fenológicos para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego houve aumento na massa seca aérea entre os estádios fenológicos R5 e R8.

Tabela 4- Massa seca aérea em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no solo para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.

E. F.	Massa seca aérea					Massa seca aérea				
	Capixaba Precoce					Xamego				
	Tensões (kPa)					Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75	25	35	45	60	75
R8	45.47 A	33.29 A	28.29 A	22.96 A	21.66 A	43.91 A	23.40 A	32.76 A	38.12 A	21.09 A
R5	10.16 B	9.85 B	10.86 B	9.50 B	9.29 B	10.22 B	9.89 B	7.0 B	10.85 B	9.01 B

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A massa seca da parte aérea do feijoeiro é um importante parâmetro de crescimento que está significativamente associado com a produtividade do grão (Fageria e Baligar, 2005). A massa seca aérea da planta é composta pela massa das folhas e caule.

O aumento na tensão de água reduz a disponibilidade hídrica do solo, ou seja, altas tensões podem provocar estresse hídrico na cultura do feijão, dessa forma ocorre diminuição do acúmulo de massa seca da parte aérea (Figura 7) e rendimento da cultura. Por exemplo, Figuerêdo *et al.*, (2008), constataram que a melhor tensão de água no solo para se obter o

maior rendimento e crescimento foi de 35 kPa, a partir dessa tensão o desenvolvimento do feijão entra em declínio.

Resultado também verificado por Mendes *et al.* (2007), em que houve redução na matéria seca da parte aeres sob estresse hídrico para feijão caupi. Da mesma forma na pesquisa realizada por Albuquerque, (2009), em que foi as plantas de feijão foram submetidas a estresse hídrico periódico a partir do 28º dia, e apresentaram uma perda significativa de massa seca da planta em cada período.

6.1.3. Massa seca foliar e do caule

Houve efeito da interação tensão de água no solo, dias após o transplântio e cultivar para a variável massa seca foliar e do caule em nível de 5% de probabilidade (apêndices C e D). Nas figuras 10 e 11, observa-se o estudo da variável massa seca foliar e caulinar em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R8.

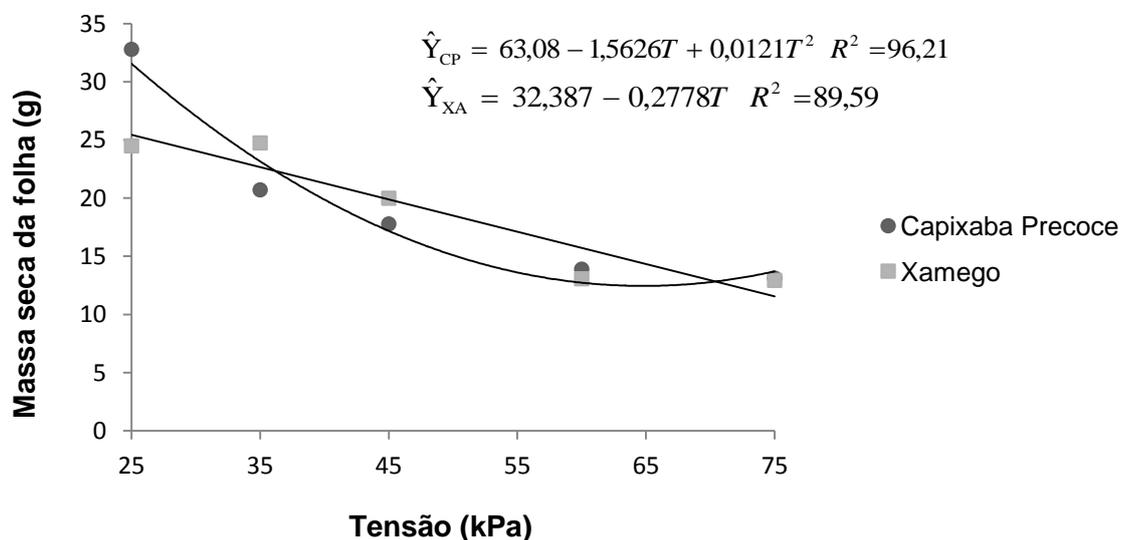


Figura 10- Massa seca foliar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.

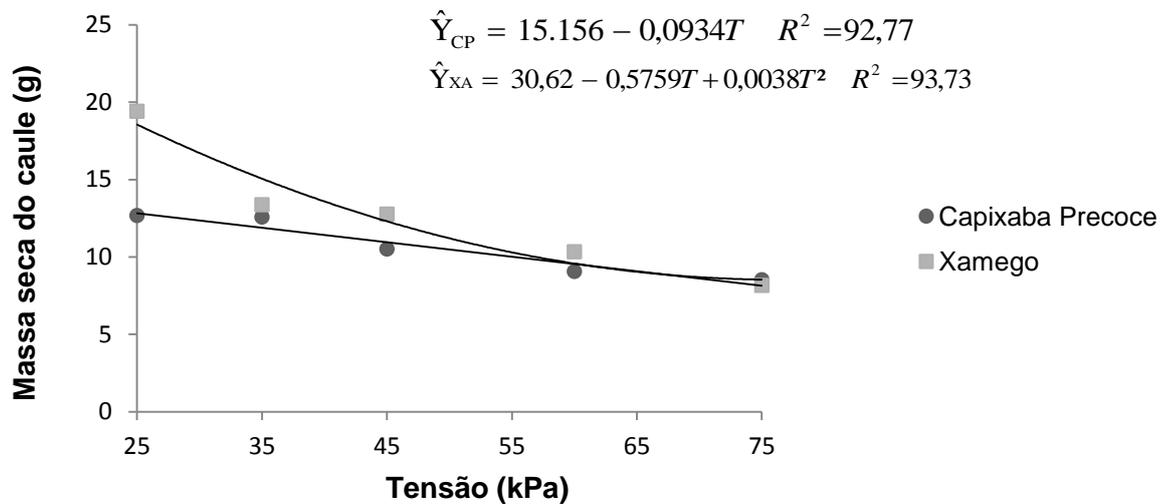


Figura 11- Massa seca caulinar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8.

Para a cultivar Xamego o ponto em que ocorre o menor acúmulo de massa seca foliar é na tensão de 75 kPa, com uma perda de 54,5% de massa seca foliar entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para a cultivar Capixaba Precoce o ponto mínimo em que há menor acúmulo de massa seca foliar se dá na tensão de 64,5 kPa, com perda de 55,8% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para ambas as cultivares, dentre as tensões estudadas, a tensão de 25 proporcionou o maior acúmulo de massa seca foliar.

Para a cultivar Xamego o ponto em que ocorre o menor acúmulo de massa seca caulinar é na tensão de 75,7 kPa, com uma perda de 52,6% de massa seca caulinar entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para a cultivar Capixaba Precoce o ponto mínimo onde há menos acúmulo de massa seca caulinar se dá na tensão de 75 kPa, com perda de 36,4% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para ambas as cultivares, dentre as tensões estudadas, a tensão de 25 proporcionou o maior acúmulo de massa seca caulinar.

Na figura 12 verifica-se o estudo da variável massa seca foliar e função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R5. Nota-se que para as cultivares em estudo não houve efeito significativo em função das tensões, sendo que $Y_{xa} = \bar{Y} = 6,27$ e $Y_{cp} = \bar{Y} = 6,39$.

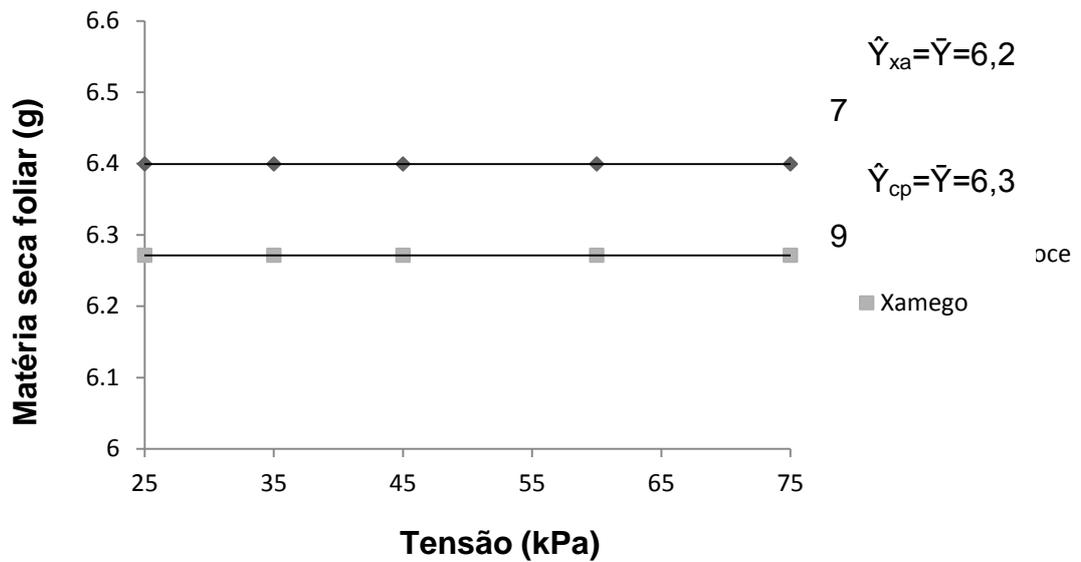


Figura 12. Massa seca foliar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.

Na figura 13 verifica-se o estudo da variável massa seca caulinar e função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R5. Nota-se que para as cultivares em estudo não houve efeito significativo em função das tensões, sendo que $Y_{xa} = \bar{Y} = 3,26$ e $Y_{cp} = \bar{Y} = 3,12$.

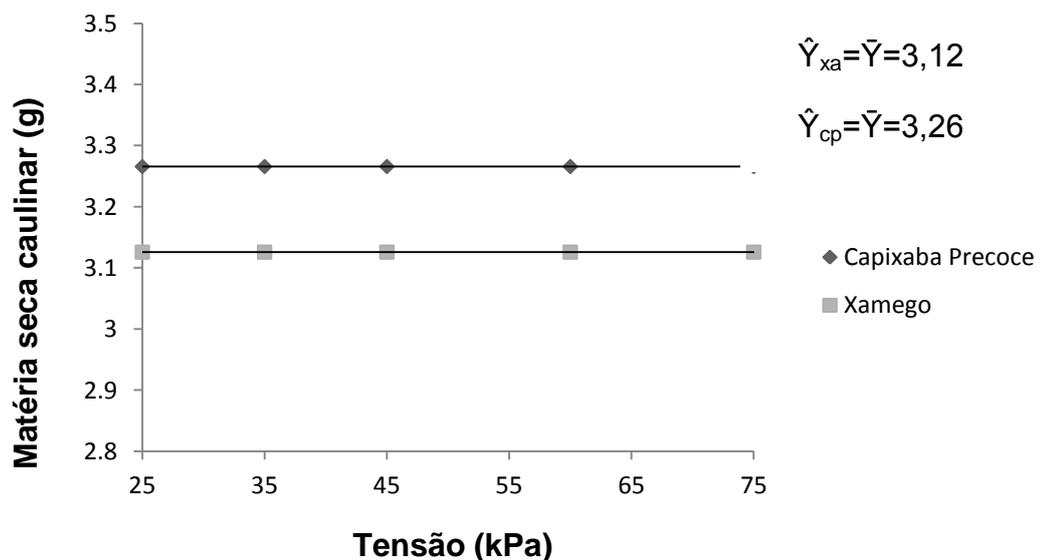


Figura 13. Massa seca caulinar das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.

Estudando a variável massa seca foliar em função dos estádios fenológicos para cada nível de tensão de água no solo fator tensões de água no solo para cada variedade (Capixaba

Precoce e Xamego), verifica-se que para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego houve aumento na massa seca foliar e caulinar entre os estádios fenológicos R5 e R8.

Tabela 5- Massa seca foliar em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.

E. F.	Massa seca foliar					Massa seca foliar				
	Capixaba Precoce					Xamego				
	Tensões (kPa)					Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75	25	35	45	60	75
R8	32.79 A	20.71 A	17.78 A	13.90 A	13.13 A	24.49 A	24.75 A	19.99 A	13.07 A	12.93 A
R5	6.40 B	6.48 B	7.30 B	6.23 B	6.21 B	6.79 B	6.56 B	4.43 B	7.60 B	5.96 B

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6- Massa seca caulinar em função dos estádios fenológicos (E. F.) para cada nível de tensão de água no para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.

E. F.	Massa seca caulinar					Massa seca caulinar				
	Capixaba Precoce					Xamego				
	Tensões (kPa)					Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75	25	35	45	60	75
R8	12.6 A	12.57 A	10.51 A	9.06 A	8.52 A	19.41 A	13.37 A	12.76 A	10.33 A	8.16 A
R5	3.75 B	3.37 B	3.55 B	3.27 B	3.08 B	3.43 B	3.32 B	2.57 B	3.25 B	3.05 B

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que para a cultivar Capixaba Precoce, houve um pequeno aumento de 5% entre as tensões de 60 a 75 kPa, na massa seca foliar e conseqüentemente um aumento na massa seca aérea, que pode ser explicado pelo possível mecanismo de adaptação da variedade a baixa disponibilidade de água, ocorrendo translocação de carboidratos para o desenvolvimento foliar. Provavelmente na tentativa de promover um aumento na taxa fotossintética da planta (SANTOS & CARLESSO 1998).

Segundo Taiz e Zeiger (1991), a limitação na área foliar (intimamente ligada à área foliar), é um dos primeiros indícios de déficit hídrico. Pois a redução na absorção de água provoca desidratação das células, prejudica os processos de multiplicação e alongamento

celular, e por consequência reduz todos os componentes de crescimento (PAEZ *et al.*, 1995 *apud* NOBREGA *et al.*, 2001).

As causas de perda de massa seca foliar em razão do aumento da tensão apresentadas se aplicam ao comportamento de massa seca do caule, que também é um componente na parte aérea da planta.

6.1.4. Massa seca da Raiz

Houve efeito da interação tensão de água no solo, dias após o transplântio e cultivar para a variável massa seca radicular em nível de 5% de probabilidade (apêndice E). Na figura 14, observa-se o estudo da variável massa seca radicular em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R8.

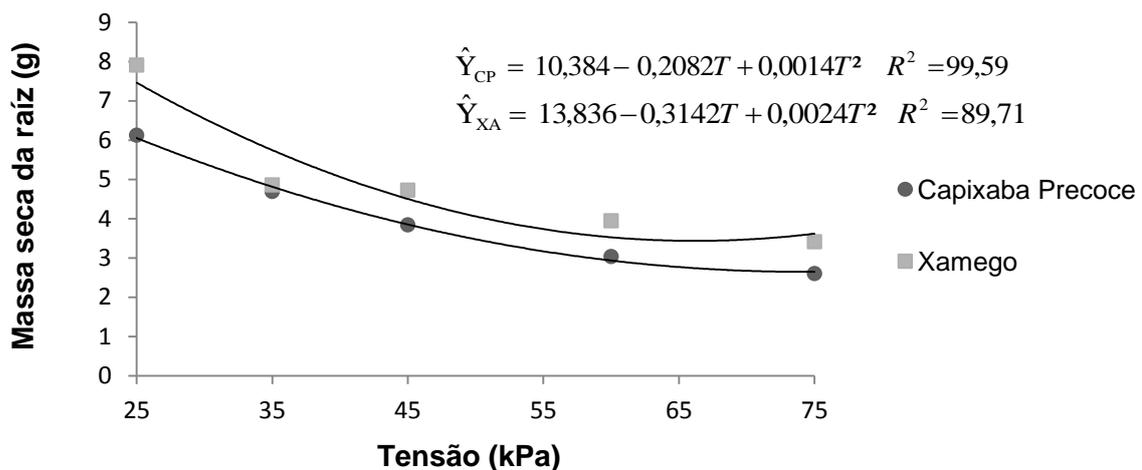


Figura 14- Massa seca radicular das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R8

Para a cultivar Xamego o ponto em que ocorre o menor acúmulo de massa seca radicular é na tensão de 65,4 kPa, com uma perda de 49,5% de massa seca radicular entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para a variedade Capixaba Precoce o ponto mínimo em que há menor acúmulo de massa seca radicular se dá na tensão de 74,35 kPa, com perda de 56,3% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Para ambas as cultivares, dentre as tensões estudadas, a tensão de 25 proporcionou o maior acúmulo de massa seca radicular.

Na figura 15 verifica-se o estudo da variável massa seca radicular e função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio

fenológico R5. Nota-se que para as cultivares em estudo não houve efeito significativo em função das tensões, sendo que $Y_{xa} = \bar{Y} = 3,14$ e $Y_{cp} = \bar{Y} = 2,89$.

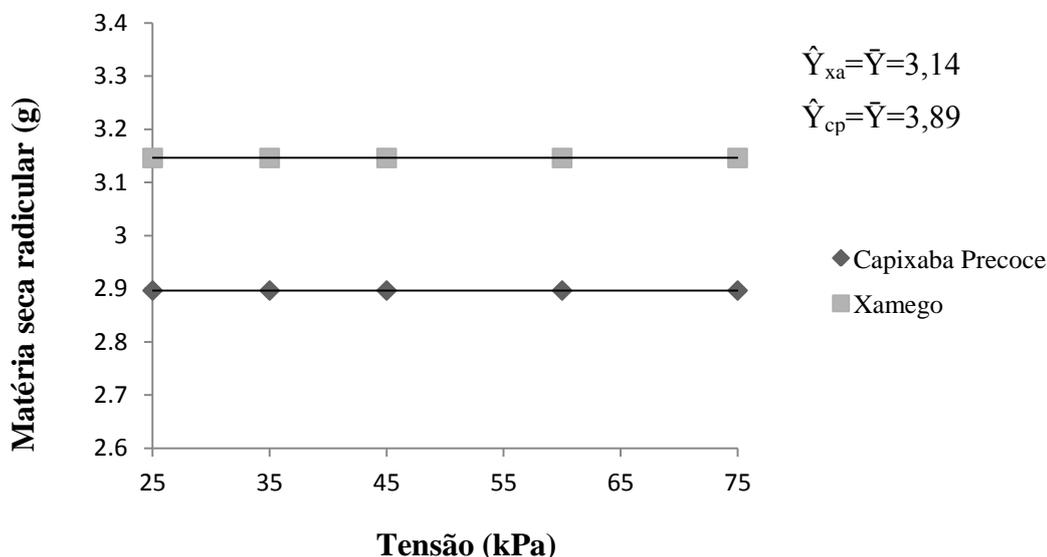


Figura 15. Massa seca radicular das plantas em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa), para a variedade Capixaba Precoce e Xamego, no estágio fenológico R5.

Estudando a variável massa seca radicular em função dos estádios fenológicos para cada nível de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), verifica-se que para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego houve aumento na massa seca radicular entre os estádios fenológicos R5 e R8.

Tabela 7- Médias dos desdobramentos das tensões dentro de cada nível dos estádios fenológicos (E.F.), para a variável massa seca radicular para as cultivares Capixaba Precoce e Xamego.

E. F.	Massa seca radicular					Massa seca radicular				
	Capixaba Precoce					Xamego				
	Tensões (kPa)					Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75	25	35	45	60	75
R8	6.12 A	4.69 A	3.84 A	3.03 A	2.60 A	7.91 A	4.86 A	4.72 A	3.94 A	3.41 A
R5	3.37 B	2.65 B	2.57 B	2.44 A	2.19 A	3.11 B	3.17 B	3.04 B	3.80 A	2.58 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tendo em vista que a água atua como via de transporte de nutrientes (DIAS, 2008), o déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos do crescimento da parte aérea e da raiz,

causando redução na expansão celular, condutância estomática, fotossíntese e consequentemente no acúmulo de matéria seca (HSIAO, 1990).

O aumento no crescimento radicular em plantas de feijão sob estresse hídrico é um dos mecanismos de adaptação da planta, para a maior captação de água (KURUVADI & AGUILERA, 1990), porém a rápida imposição do déficit hídrico em condições de vaso associado ao possível bloqueio no crescimento da raiz ao chegar ao fundo do recipiente podem alterar a resposta da cultura ao déficit hídrico. Fato observado também no experimento de Pimentel e Perez (2000). O que explica o declínio na massa seca das raízes com o aumento na tensão de água no solo.

Segundo Passioura (1991), o alongamento radicular só é possível quando a pressão de crescimento das raízes for maior que a resistência mecânica do solo à penetração. Então a causa do decréscimo na massa seca radicular se deve a dois impedimentos físicos impostos as plantas de feijão, a baixa disponibilidade de água com o aumento na tensão de água no solo, e a barreira física representada pelo fundo do vaso, que impede que a raiz cresça em profundidade a busca de mais água (comportamento típico da cultura). Dessa forma sem ter como a raiz crescer em profundidade a planta sofreu com a baixa disponibilidade de água.

Foi constatado reduções de até pouco mais de 50% na massa seca das raízes no experimento feito em vasos de 15 litros por Albuquerque (2009), em que plantas de feijão foram conduzidas sob estresse hídrico periódico a partir do 28º dia após o semeio.

As figuras abaixo ilustram o comportamento do gráfico referente a massa seca radicular, em que ocorre diminuição na massa seca da raiz a medida que aumenta a tensão de água no solo



Figura 16. Massa seca radicular das plantas no estágio fenológico R9 em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa). Cultivar Capixaba Precoce.

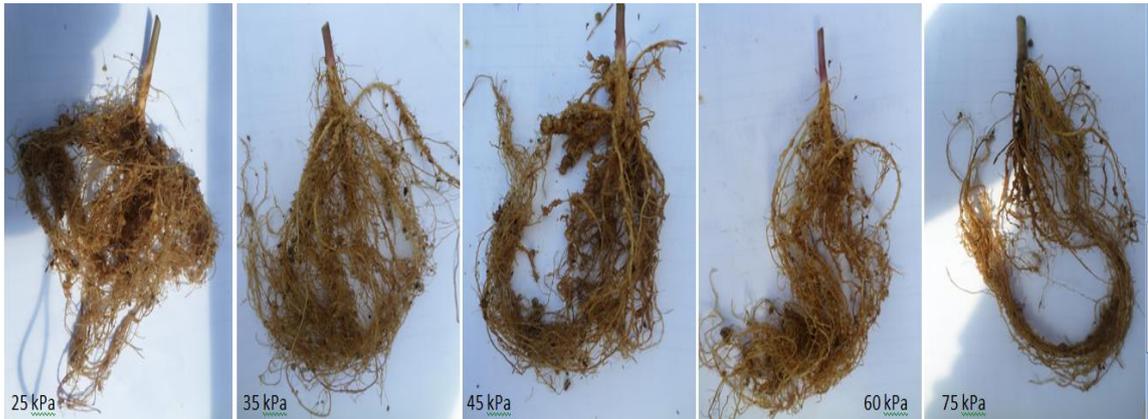


Figura 17. Massa seca radicular das plantas no estágio fenológico R9 em função das diferentes tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa). Cultivar Xamego.

6.2. Variáveis de produção

6.2.1. Número de vagens por parcela

Houve efeito da interação tensão de água no solo e cultivar para a variável número de vagens por parcela ao nível de 5% de probabilidade (apêndice F). Observa-se o estudo da variável número de vagens por parcela em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego), para o estágio fenológico R9.

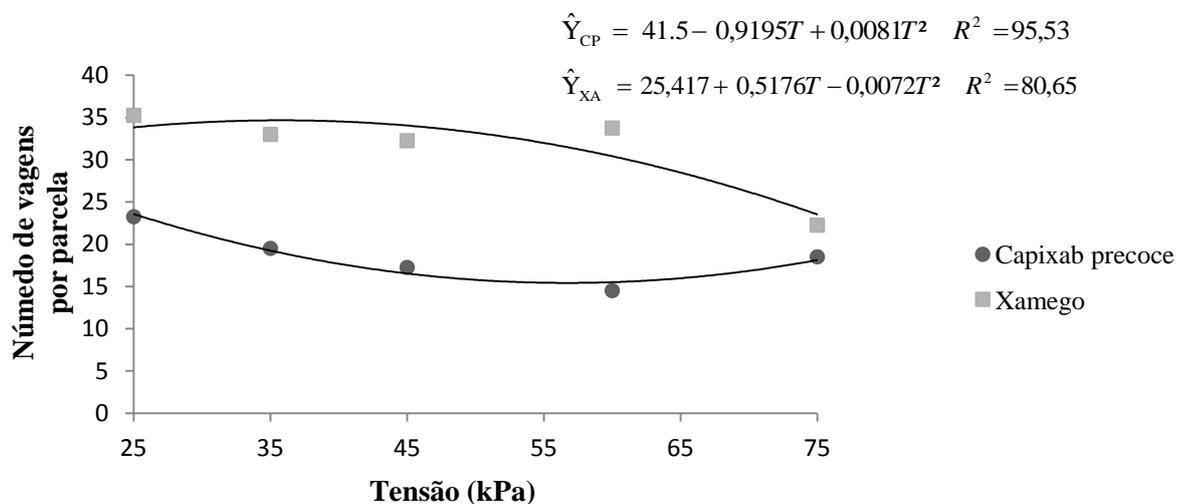


Figura 18- Número de vagens por parcela das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.

A cultivar Xamego obteve um decréscimo de 29,8% entre as tensões de 25 a 75 kPa. Resultados próximos podem ser observados no trabalho de Queiroz *et al.* (2004), com a cultivar BRS MG Talismã, em que o número de vagens decresceu linearmente com o aumento da tensão de água no solo. A cultivar Xamego, teve seu maior número de vagens por parcela na tensão de 35,94 kPa, o que pode ser comparado ao resultado de Figuerêdo *et al.* (2008), em que a cultivar de feijão carioca submetida a diferentes tensões de água no solo, teve seu maior rendimento a 33 kPa.

Tanto a falta como o excesso de água prejudicam o desenvolvimento e rendimento do feijoeiro (SILVEIRA & STONE, 2005), evidenciado pelo comportamento da cultivar Xamego que teve um pequeno decréscimo no número de vagens na tensão de 25 kPa.

A cultivar Xamego é conhecida pela alta produtividade, como se pode verificar no trabalho realizado pelo Emater-RS, para indicar as melhores cultivares de feijão para a região, a variedade Xamego assim como as outras estudadas apresentaram queda de 34% na produção devido ao longo período de chuva (PALUDO, 2011).

Mas o comportamento do feijoeiro comum quanto ao estresse hídrico ou excesso de água pode apresentar variações entre as cultivares como na cultivar Capixaba Precoce houve um decréscimo de 34,2% até a tensão de 60 kPa e um decréscimo de 23,2% entre as tensões 25 a 75 kPa. Com o maior número de vagens por parcela na tensão de 25 kPa e o ponto de menor produção de vagens foi na tensão de 56,7 kPa. Enquanto que entre as tensões de 60 a 75 kPa houve um aumento de 16,8% no número de vagens por parcela, provavelmente o estresse hídrico a esse nível ocasionou em um mecanismo de adaptação ao estresse hídrico, que pode ter induzido a translocação mais ativa do carboidrato dos sítios de síntese ao dreno, no caso representado pela produção de vagens (SANTOS & CARLESSO 1998).

O mesmo acontece com a cultivar Xamego que teve um pequeno aumento de 10,4% no número de vagens por parcela entre as tensões de 45 a 60 kPa devido a esse mecanismo de adaptação, assim como no trabalho de Guimarães *et al.* (1996), em que as variedades BAT 477 e Carioca que obtiveram melhor comportamento ao estresse hídrico.

Estudando a variável número de vagens por parcela em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que a cultivar Xamego se sobressai em relação a cultivar Capixaba Precoce na produção de vagens.

Tabela 8 – Número de vagens em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.

Cultivar	Nº vagens/ parcela				
	Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75
Xamego	35.250 A	33.00 A	32.25 A	33.75 A	22.25 A
C. Precoce	23.250 A	19.50 B	17.25 B	14.50 B	18.50 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Costa e Zemmermann (1998), a produtividade de grãos na cultura do feijão é altamente correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos. Guimarães *et al.* (1996) afirma que sob estresse hídrico, o número de vagens é o componente de produção mais afetado.

Verifica-se que houve tanto na cultivar Capixaba Precoce quanto na Xamego, uma tendência ao decréscimo no número de vagens, de acordo com Silva e Steinmetz (2003), o feijão é mais sensível à deficiência hídrica durante a floração e estágio inicial de formação das vagens, com período crítico de 15 dias antes da floração, o que ocasiona em queda no rendimento do feijoeiro, ou seja, decréscimo da produção de vagens. No presente trabalho os tratamentos foram aplicados logo aos 15 dias após o plantio, o que garantiu que as plantas respondessem ao aumento nas tensões de água no solo.

No trabalho de Guimarães *et al.* (1996), em que três cultivares de feijoeiro comum foram submetidas a estresse hídrico moderado e severo, houve decréscimos de 16,3 e 44,1% no número relativo de vagens por planta. Para Kramer e Boyer (1995), o decréscimo no rendimento sob estresse hídrico, ocorre em razão da polinização deficiente ou da redução do número de flores estabelecidas, devido à abscisão foliar ou do aborto dos óvulos.

6.2.1. Número de grãos por parcela

No apêndice G, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e cultivar para a variável número de grãos por parcela ao nível de 5% de probabilidade. Observa-se o estudo da variável número de grãos por parcela em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R9.

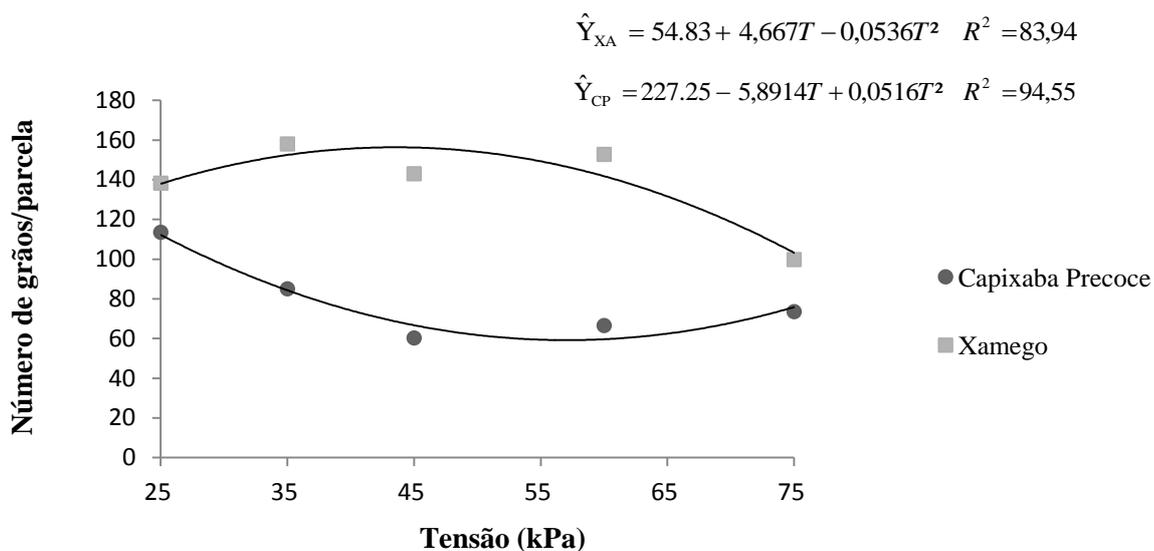


Figura 19. Número grãos por parcela das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.

Para a cultivar Xamego, a tensão de 25 kPa foi prejudicial a produção do feijoeiro em relação a tensão de 35 kPa que se apresenta com o melhor rendimento, havendo um decréscimo no número de vagens a partir dessa tensão, porém houve um ligeiro aumento no número de grãos por vagem na tensão de 60 kPa, também explicado pelo mecanismo de adaptação a baixa disponibilidade hídrica. A tensão de 75 kPa foi demasiadamente elevada a fim de suprimir qualquer mecanismo de adaptação e então promover o menor rendimento da cultivar.

O rendimento da cultivar Capixaba Precoce decresce à medida que a disponibilidade hídrica diminui, havendo um pequeno aumento no número de grãos por vagem na tensão de 75 kPa, já explicado anteriormente por um possível mecanismo de adaptação da cultura a restrição hídrica (SANTOS & CARLESSO 1998).

Para a cultivar Capixaba Precoce, houve um decréscimo de 40,6% entre as tensões 25 a 45 kPa, e um decréscimo de 32,5% entre as tensões de 25 a 75 kPa, o ponto de mínima produção de grãos por parcela se dá na tensão de 43,5 kPa e o maior rendimento dessa variedade se deu na tensão de 25 kPa. Para a variedade Xamego, houve um decréscimo de 25,1% entre as tensões de 25 a 75 kPa, com um pequeno aumento de 9% entre as tensões de 45 a 60 kPa, o ponto de máxima produção da cultivar Xamego se deu na tensão de 57 kPa.

Estudando a variável número de grãos por parcela em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que para a cultivar Xamego se sobressai em relação a cultivar Capixaba Precoce no número de grãos por parcela.

Tabela 9 – Número de grãos por parcela em função das variedades (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.

Cultivar	Nº grãos/parcela				
	Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75
Xamego	138.25 A	158.00 A	143.00 A	152.75 A	99.75 A
C. Precoce	113.50 A	85.00 B	60.25 B	66.50 B	73.50 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que resultados semelhantes são encontrados no trabalho de Queiroz (2004), em que houve tendência linear na diminuição tanto do número de vagens quanto do número de grãos com o aumento da tensão de água no solo. No trabalho de Souza *et al.* (2009), em que houve supressão na irrigação logo no estágio vegetativo, houve redução de até 69,14%, para a variedade Carioca, de 82,57% para a variedade Rudá e 75% para a variedade Pérola.

6.2.2. Número de grãos por vagem

No apêndice H, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e variedade para a variável número de grãos por vagem ao nível de 5% de probabilidade. Observa-se o estudo da variável número de grãos por vagem em função dos níveis de tensão de água no solo para cada variedade (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R9.

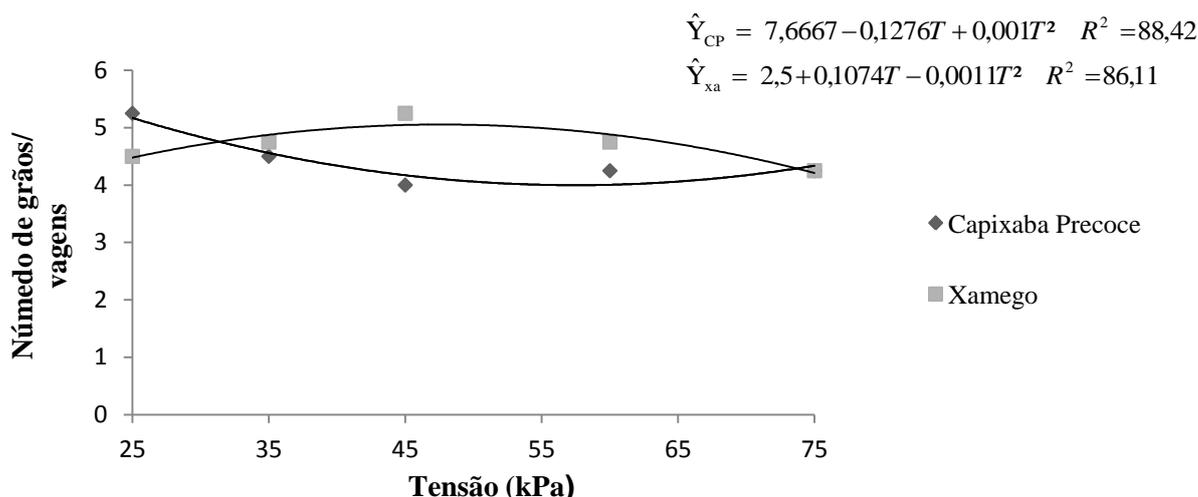


Figura 200. Número de grãos por vagens das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.

Quanto ao número de grãos por vagem as duas cultivares tiveram resultados diferentes (Figura 15). Para a cultivar Capixaba Precoce, o maior número de grãos por vagem se deu na tensão de 25 kPa, e seu valor decresceu até a tensão de 45 kPa em 22,7%, onde começou novamente a ter um acréscimo de 8% no número de vagens entre as tensões de 45 a 75kPa, o ponto de menor produção do número de grãos por vagem se deu na tensão de 63,8 kPa.

Para a variedade Xamego, o número de grãos por vagem é crescente entre as tensões de 25 a 45 kPa com um acréscimo de 13,7%, havendo um decréscimo de 14,6% nas tensões subsequentes de 45 a 75 kPa. O ponto de máxima produção do número de grãos por vagem se deu na tensão de 48,6 kPa.

Estudando o a variável número de grãos por vagem em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que para a cultivar Xamego se sobressai em relação a cultivar Capixaba Precoce no número de grãos por vagem.

Tabela 10 – Número de grãos por vagem em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.

Cultivar	Nº grãos/vagem				
	Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75
Xamego	4.70 A	4.25 A	4.75 A	4.75 A	4.25 A
C. Precoce	4.45 A	4.5 A	4.0 A	4.25 A	4.25 A

Médias para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O número de grãos por vagem se apresenta como um dos principais componentes de rendimento final juntamente com número de vagens por planta e massa de grãos (ZILLO, 2011). Ramos Junior *et al.* (2005) ressalta que o número grãos por vagem e o tamanho dos grãos são os componentes de maior influência na produtividade de grãos de feijão.

No trabalho de Frade (2015), o aumento da lâmina de irrigação proporcionou incremento de até 8% no comprimento de vagem, até 19,9% no peso médio da vagem e incrementos de até 35% no número de grãos por vagem nos genótipos 'Costela de Vaca' e 'Pingo de Ouro'. O que explica o maior valor de numero de grãos por vagem para a variedade Capixaba Precoce na tensão de 25 kPa, onde há maior disponibilidade hídrica.

O comportamento de diferentes genótipos em relação à demanda de água é comum, por exemplo, a cultivar Xamego que obteve seu valor máximo de numero de grãos por vagem na tensão de 48,6 kPa, já havia se mostrado menos tolerância a excesso de água, com rendimento um pouco mais baixo na tensão de 25 kPa.

6.2.3. Comprimento médio das vagens

No apêndice I, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e variedade para a variável comprimento médio das vagens ao nível de 5% de probabilidade. Observa-se o estudo da variável comprimento médio das vagens em função dos níveis de tensão de água no solo para cada variedade (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R9.

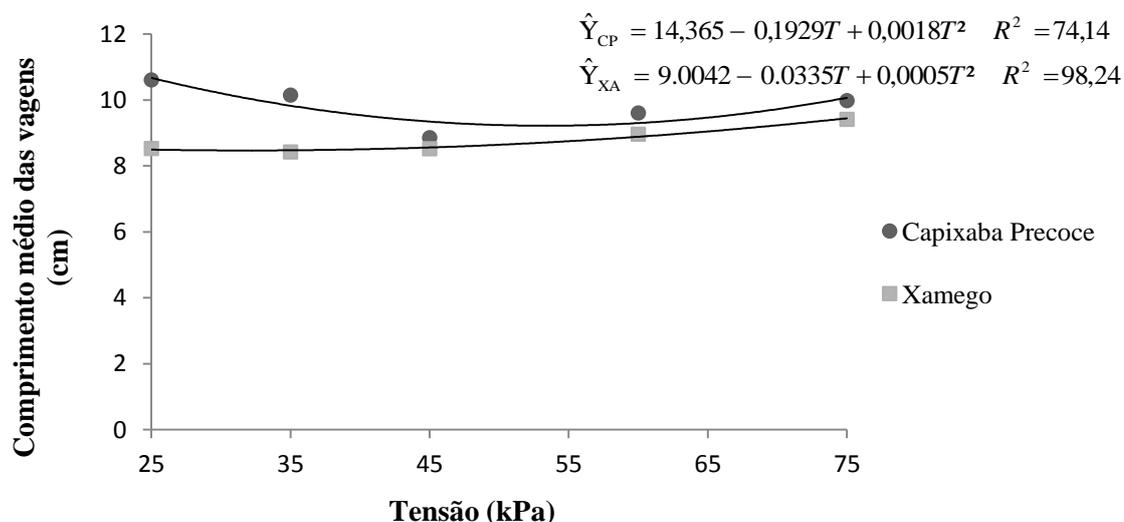


Figura 211. Comprimento médio das vagens das cultivares Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.

A cultivar Capixaba Precoce obteve diminuição do comprimento das vagens a medida que diminui a disponibilidade hídrica. Com um decréscimo de 5,9% entre as tensões 25 a 75 kPa, e de 12,4% entre as tensões de 25 a 45 kPa. O ponto que proporcionou o menor comprimento das vagens para a cultivar Capixaba Precoce foi a tensão de 53,5 kPa.

Para a cultivar Xamego, houve aumento de 9,7% no comprimento médio das vagens a medida que diminuiu a disponibilidade hídrica. Mas o aumento no comprimento médio das vagens não significou maior rendimento, pois não houve aumento no número de grãos por vagem (figura 15) ou número de grãos por parcela (figura 14) em tensões mais altas. O ponto que proporcionou o menor comprimento das vagens para a cultivar Xamego foi a tensão de 33,5 kPa.

Logo, da mesma forma que a cultivar Capixaba Precoce a cultivar Xamego obteve decréscimo no rendimento do feijoeiro à medida que aumentou a tensão de água no solo. Neste caso, o comprimento de vagens pode ou não estar relacionado à produtividade do feijoeiro, como no caso da cultivar Xamego.

Estudando a variável comprimento médio das vagens em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que para a cultivar Capixaba Precoce se sobressai em relação a cultivar Xamego no comprimento médio das vagens .

Tabela 11 – Comprimento médio das vagens em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.

Cultivar	Comp. Médio das vagens				
	Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75
Xamego	8.53 B	8.42 B	8.52 B	8.96 B	9.41 B
C. Precoce	10.6 A	10.15 A	8.86 A	9.61 A	9.98 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável comprimento médio das vagens as variedades obtiveram comportamentos diferentes, mais uma vez ressaltando o fato da diferença de comportamento de diferentes genótipos quanto a restrição hídrica. Para Santos *et al.* (2009), os diferentes genótipos que apresentam características genéticas, fisiológicas e morfológicas intrínsecas, podem responder de forma diferenciada as condições edafoclimáticas de cada ambiente.

Assim como no trabalho de Fiegembaum *et al.* (1991) em que as variedades de feijoeiro comum submetidas a um estresse hídrico de 15 dias sem irrigação no período de floração, apresentaram um decréscimo significativo no comprimento das vagens.

A exemplo de Almeida *et al.* (2013), em que 22 genótipos de feijão Caupi foram avaliados quanto a correlação de seus componentes de rendimento em diferentes cidades, e a correlação entre comprimento médio das vagens e rendimento final do feijoeiro variou entre positiva ou negativa de acordo com a variedade e local do experimento.

6.2.4. Peso de 100 grãos

No apêndice J, verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e variedade para a variável peso de 100 grãos ao nível de 5% de probabilidade. Observa-se o estudo da variável peso de 100 grãos em função dos níveis de tensão de água no solo para cada cultivar (Capixaba Precoce e Xamego) para o estágio fenológico R9.

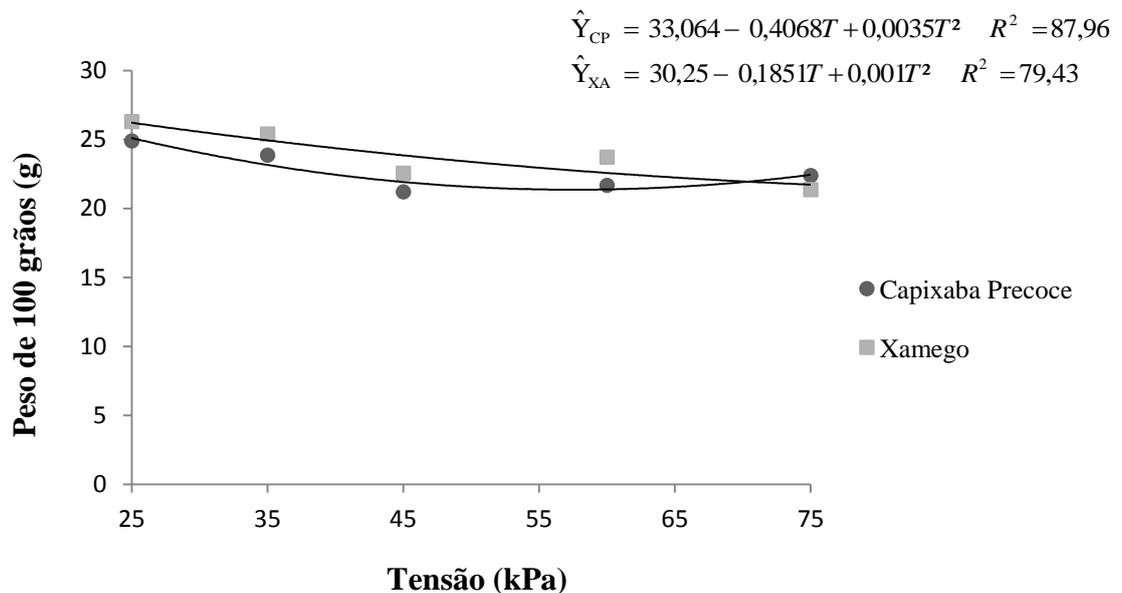


Figura 22. Peso de 100 grãos das cultivar Capixaba Precoce e Xamego, em diferentes tensões de água no solo.

Observa-se o decréscimo no peso de 100 grãos à medida que aumenta a tensão de água no solo para as duas cultivares em estudo. O que comprova o fato de que apesar de ser um fator genético, tal característica também sofre influencia do meio ambiente. Para a cultivar Xamego houve decréscimo de 16,1% entre as tensões 25 a 75 kPa. O ponto que proporciona o menor peso de 100 grãos é a tensão de 58,1 kPa.

Para a cultivar Capixaba Precoce houve decréscimo de 11,3% entre as tensões 25 a 75 kPa, e 12,9% entre as tensões 25 a 45 kPa, o ponto que proporcionou menor valor do peso de 100 grãos foi a tensão de 58,1 kPa.

Estudando a variável peso de 100 grãos em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo, verifica-se que para a cultivar Xamego se sobressai em relação a cultivar Capixaba Precoce.

Tabela 12 – Peso de 100 grãos em função das cultivares (Capixaba Precoce e Xamego) para cada nível de tensão de água no solo.

Cultivar	Peso de 100 grãos				
	Tensões (kPa)				
	25	35	45	60	75
Xamego	26.29 A	25.39 A	22.54 A	23.71 A	21.35 A
C. Precoce	24.88 B	23.85 B	21.195 B	21.67 B	22.38 B

Médias para tensões de água no solo não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O peso de 100 grãos segundo Hland *et al.* (2005) é uma característica influenciada pelo genótipo, disponibilidade de nutrientes e condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Além disso, existem outros fatores relacionados com a translocação de assimilados para o enchimento dos grãos, bem como a eficiência na translocação desses assimilados, a capacidade de dreno, eficiência metabólica entre outros (TOLLENAAR, 1977).

O peso de cem sementes é uma medida de determinação do rendimento de cultivo, e necessária no cálculo de peso de 1000 sementes, medida utilizada para comparação da qualidade de diferentes lotes de sementes e cálculo de densidade de semeadura (CUNHA, 2004). Tal característica é mais utilizada em pesquisas na área de produção vegetal e laboratórios de prestação de serviços de análises de sementes e para o programa de produção também (NOMELINI *et al.*, 2010).

Segundo o raciocínio de Santos e Carlesso (1998), com o aumento da tensão de água no solo e diminuição da disponibilidade hídrica ocorre redução na fotossíntese, conseqüentemente menor formação de fotoassimilados e pouca translocação de carboidratos para o enchimento de grãos. Queiroz (2004), buscou avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo (5, 30, 45 e 60 kPa) na produção do cultivar de feijão BRS MG Talismã. Obteve reduções significativa do rendimento do feijoeiro.

No trabalho de Calvache (1997), onde foi avaliado o efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água na cultura do feijão, foi encontrado no peso seco de 100 grãos, diferenças significativa para o fator quantidade de irrigação.

A exemplo de Lacerda *et al* (2014) em que buscou avaliar a cultura do feijão em função da profundidade de deposição do adubo e das lâminas de irrigação. Obteve aumento significativo no peso de 100 grãos com o aumento da lâmina de irrigação, com um ponto de máximo (112,27 %, correspondente a 395,44 mm de água).

Observa-se que a cultivar Xamego se sobressai em relação à cultivar Capixaba Precoce para a praticamente todas as características, médias das cultivares foram estatisticamente diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As cultivares precoces apresentam como característica baixa produtividade em relação as variedades de ciclo médio e tardio, por isso a cultivar Capixaba Precoce que possui produtividade em torno de 739 kg ha⁻¹ (VIEIRA., 1985) , apresentou resultados inferiores aos da cultivar Xamego que é uma variedade de ciclo tardio conhecida pela sua alta produtividade.

Durante os ensaios experimentais para o lançamento da cultivar Xamego, em 1996, ela já confirmava sua superioridade, quando comparada em cinco ambientes com a Capixaba Precoce e a Serrano (EMCAPA, 1996).

7. CONCLUSÕES

Para o estágio vegetativo R5 (pré-floração), as diferentes tensões não influenciaram significativamente no desenvolvimento vegetativo.

Para o estágio R8 (enchimento de vagens) as diferentes tensões influenciaram de forma significativa no desenvolvimento vegetativo, de forma que à medida que ocorreu aumento da tensão de água no solo, houve perda de massa seca total (aérea e radicular) para ambas as cultivares (Capixaba Precoce e Xamego).

Para ambas as cultivares as perdas na massa seca total, massa seca aérea (caule e folhas) e massa seca radicular entre as tensões de 25 a 75 kPa chegaram a 56%. Para tais variáveis as tensões de água no solo entre 25 a 35 kPa proporcionaram o maior ganho de massa seca total.

Para o estágio R9 (produção) as diferentes tensões de água no solo influenciaram de forma significativa nas variáveis de produção, de forma que à medida que ocorreu aumento da tensão de água no solo, houve diminuição na produção para ambas as cultivares (Capixaba Precoce e Xamego).

Em ambas as cultivares, o aumento das tensões de água no solo de 25 a 75 kPa, proporcionou perda de mais de 30% nas variáveis de produção: número de vagens por parcela, número de grãos por parcela, número de grãos por vagem.

Para a variável peso de 100 grãos, o aumento das tensões de 25 a 75 kPa proporcionou perda de 11 e 16% para as cultivares Xamego e Capixaba Precoce respectivamente.

Para as variáveis de produção as tensões de água no solo entre 35 a 45 kPa proporcionaram maiores valores das variáveis de produção.

A cultivar Xamego se mostrou superior em desenvolvimento vegetativo e em produção em relação à variedade Capixaba Precoce.

8. APÊNDICES

Apêndice A. Análise de variância referente à variável Massa seca total das plantas das duas cultivares, avaliadas no estádio R5 e R8, em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Massa Seca Total da Planta
Cultivar	1	21,57601*
Erro A	4	2.038
Tensão	4	334.8897*
Tensão X Cultivar	4	77, 29753*
Erro B	16	16.42830
DAP	1	7970,921*
DAP X Tensão	4	261,4213*
DAP X Variedade	1	22,94017*
DAP X Tensão X Cultivar	4	61,84874*
Resíduo	20	15,69422
Média Geral		24,088
CV%		16,446

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice B. Análise de variância referente à variável Massa seca aérea das plantas das duas cultivares, avaliadas no estádio R8, em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Massa seca aérea
Cultivar	1	3,6654*
Erro A	4	3,251093
Tensão	4	234,2114*
Tensão X Cultivar	4	69,02391*
Erro B	16	15,05092
DAP	1	6890,174*
DAP X Tensão	4	198,9758*
DAP X Cultivar	1	15,92380*
DAP X Tensão X Cultivar	4	63,74068*
Resíduo	20	13,97069
Média Geral		20,382
CV%		18,339

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice C. Análise de variância referente à variável Massa seca foliar das plantas das duas Cultivares, avaliadas no estágio R8, em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio massa seca foliar
Cultivar	1	2,842*
Erro A	4	1,222
Tensão	4	105,546*
Tensão X Cultivar	4	49,837*
Erro B	16	5,645
DAP	1	2518,906*
DAP X Tensão	4	94,283*
DAP X Cultivar	1	0,482 ^{ns}
DAP X Tensão X Cultivar	4	46,907*
Resíduo	20	5,822
Média Geral		12,879
CV%		18,737

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice D. Análise de variância referente à variável massa seca do caule das plantas das duas Cultivares, avaliadas no estágio R8, em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Massa Seca do caule
Cultivar	1	12,964*
Erro A	4	1,177
Tensão	4	26,108*
Tensão X Cultivar	4	9,424*
Erro B	16	4,634
DAP	1	1077,045*
DAP X Tensão	4	19,835*
DAP X Cultivar	1	21,949*
DAP X Tensão X Cultivar	4	10,098*
Resíduo	20	2,948
Média Geral		7,502
CV%		22,886

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice E. Análise de variância referente à variável Massa seca radicular das plantas das duas cultivares, avaliadas no estágio R8, em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Massa Seca radicular
Cultivar	1	7,455*
Erro A	4	0,198
Tensão	4	9,555*
Tensão X Cultivar	4	0,448*
Erro B	16	0,274
DAP	1	39,349*
DAP X Tensão	4	4,639*
DAP X Cultivar	1	0,638*
DAP X Tensão X Cultivar	4	1,585*
Resíduo	20	0,259
Média Geral		3,706
CV%		13,733

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice F. Análise de variância referente à variável número de vagens por parcela (fase R9) em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Nº de vagens/parcela
Cultivar	1	1612,900*
Erro A	6	6,366
Tensão	4	83,662*
Tensão X Cultivar	4	64,712*
Resíduo	24	8,970
Média Geral		24,950
CV%		12,005

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice G. Análise de variância referente à variável número grãos por parcela (fase R9) em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Nº de grãos/parcela
Cultivar	1	34339,60*
Erro A	6	236,916
Tensão	4	1992,850*
Tensão X Cultivar	4	1873,725*
Resíduo	24	384,604
Média Geral		109,05
CV%		17,121

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice H. Análise de variância referente à variável número de grãos por vagem das plantas (fase R9) em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Nº grãos/ vagem
Cultivar	1	0,625 ^{ns}
Erro A	6	0,725
Tensão	4	0,412 ^{ns}
Tensão X Cultivar	4	1,062*
Resíduo	24	0,454
Média Geral		4,575
CV%		14,730

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice I. Análise de variância referente à variável comprimento de vagens (fase R9) em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Comprimento de vagem
Cultivar	1	11,465*
Erro A	6	0,363
Tensão	4	1,206*
Tensão X Cultivar	4	1,210*
Resíduo	24	0,530
Média Geral		9,308
CV%		7,820

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

Apêndice J. Análise de variância referente à variável peso de 100 grãos (fase R9) em cinco tensões de água no solo (25, 35, 45, 60 e 75 kPa).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio Peso de 100 grãos
Cultivar	1	11,299*
Erro A	6	2,038
Tensão	4	22,907*
Tensão X Cultivar	4	2,874*
Resíduo	24	1,338
Média Geral		23,330
CV%		4,959

* Significativo em 5% de probabilidade; ns Não significativo em 5% de probabilidade.

9. REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. **Cultivo do Feijão da Primeira e Segunda Safras na Região Sul de Minas Gerais**. Introdução e Importância Econômica. Embrapa Arroz e Feijão. 2005.

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de calculo**. Circular técnica. Sete Lagoas, MG, setembro, 2010.

ALMEIDA, W. S.; FERNADES, F. R. B.; SANTOS, E. O.; TEÓFILO, E. M.; BERTINI, C. H. C. M. **Estimativas dos efeitos diretos e indiretos em componentes da produtividade de grãos em genótipos de feijão-caupi**. III-CONAC. Congresso Nacional de Feijão Caupi. Recife-PE. 2013.

ALMEIDA, G. C.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, Y. N. M.; LIMA JÚNIOR, W. C.; BARROS, C. L. **Resposta do feijão-caupi cultivado sob diferentes lâminas de irrigação na região dos cocais maranhense**. XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. UFS - São Cristóvão/SE, 2015.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; **Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo**. Circular técnica. Sete Lagoas, MG. Setembro, 2010.

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.382–388, 2009.

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para o controle da irrigação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 39p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 1).

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; RODRIGUES, G. C.; GOMES, A. C. **Produtividade do Feijão de Inverno Influenciada por Irrigação, Densidade de Plantio e Adubação em Solo de Cerrado**, Comunicado Técnico - Edição: 145, Planaltina – DF. Maio de 2008

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. do. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 247 p.

CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J. L.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GUIMARÃES, M. F. **Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.3, 2006. P.493-501.

CALVACHE; A.M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E.; BACCHI, O.O.S. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**, v.54, n.3, 1997.

CARY, J.W.; FISHER, H.D. Irrigation decisions simplified with electronics and soil water sensors. Soil Science Society of America. Journal, Madison, v.47, p.1219-1223, 1983

COBUCCI, T. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 56 p. (Circular Técnica, 35).

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. v.3, safra 2015/2016. Produtos de verão. Brasília, 2015.

COELHO, S. L. & TEIXEIRA, A. **Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo**. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.24, n. 3, p.536-545, set/dez, 2004.

COSTA, J.G.C., ZIMMERMANN, F.J.P. Efeitos de bordaduras laterais e de cabeceira no rendimento e altura de plantas de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1297-1304, 1998.

COSTA, E. L. et al. **Irrigação da cebola**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.23, n.218, p.57-66, 2002.

CUNHA, M. B. da. Comparação de Métodos para obtenção do peso de mil sementes de aveia preta e soja. UFPEL, 2004.

DIAS, C. de C. **Paiuhy: das origens a nova capital**. Teresina: Nova Expressão, 2008. p. 324-333.

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo de van Genuchten. Engenharia Rural, Piracicaba, v.1, p.92-102, jul. 1990.

EMCAPA. **EMCAPA 406-XAMEGO: nova cultivar de feijão preto para o Espírito Santo**. Nº 81, Vitória- ES. Dezembro, 1996.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Tensão de água no solo adequada para controle da irrigação do feijoeiro**. Pesquisa em foco, nº5, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2011. 225p.

EMBRAPA – Arroz e Feijão. Cultivo do Feijoeiro Comum. **Sistemas de Produção**, 2, Janeiro 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acessado em: 20 de setembro de 2016.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. **Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). Fósforo na agricultura Brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 2004, p.435-455.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, G.M.; OSPINA, O.H.F.; HIDALGO, R. *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común*. Cali: **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, 1982. 26p.

FIGUERÊDO, S. F. *et al.* **Tensão de água no solo para maiores lucratividades do feijoeiro irrigado em ambiente de Cerrado**. Comunicado Técnico. ISSN 1517-1469. Planaltina, DF. Outubro, 2008.

FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D.S.B. DOS; MELLO, V.D.C.; SANTOS FILHO, B.G.DOS; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, J.B. Influência do déficit hídrico sobre os componentes do rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.275-80, 1991.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; OLIVEIRA, A. S. Rendimento do feijoeiro irrigado submetido a Diferentes lâminas de água com irrigação por sulco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.281-285, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 1999.

FONSECA, J. R.; MARQUES, E. M. G.; VIEIRA, E. H. N.; SILVA, H. T. Algumas características do germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) coletado no Espírito Santo. **Ceres**, 2007.

FRADE, L. J. G.; SILVA, L. a.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, A. **Produção de feijão vigna de crescimento indeterminado sob estresse hídrico**. III INOVAGRI. International Meeting. Fortaleza, 2015.

FUSCALDI, K. C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de política agrícola**. Ano XIV. Nº 1. Jan./fev./mar. 2005.

GENUCHTEN, M, Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, n.44, 892–898, 1980.

GUIMARÃES, C.M. Relações hídricas. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba : Potafos, 1996. p.139-168.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. **Adaptação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) à seca**. II Produtividade e componentes agronômicos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.7, p.481-488, jul. 1996.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) à seca II. Produtividade e componentes agronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481- 488, 2006.

GUNTON, J. L. & EVENSON, J. P. Moisture stress in navy beans. Effect of withholding irrigation at different phenological stages on growth and yield. **Irrig. Sci.**,**2(1)**: 49-58, 1980.

GOMES, A. A.; ARAUJO, 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, out. 2000.

GOMIDE, R. L. **Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza, CE. Palestra...Fortaleza: [s.n], 2000. P.156-181.

HERNANDEZ, F.B.T. Manejo **da irrigação por pivô central na cultura do milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Viçosa - MG. Anais...Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13 p. (Artigo 286).

HERNANDEZ, F.B.T. **Manejo de irrigação em fruteiras**. (www.agr.feis.unesp.br/artigos.htm) , 1999.

HUNT, R. Basic growth analysis. London: Unwin Hyman, 1990.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p. 519-570, 1973.

KALUNGU, J. W. 2008. **Resposta do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio, cobertura do solo em ambiente protegido**. Piracicaba, SP: ESALQ. 80p. (Tese de mestrado).

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. San Diego : Academic, 1995. 495p.

KURUVADI, S.; AGUILERA, D. M. **Patrones Del sistema radicular em frífol comum (Phaseolus vulgaris L.)**. Turrialba, v.40, p.491-498, 1990.

MENDES, R. M.; TÁVORA, J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência Hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.95-103, 2007.

LACERDA, E. G.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M.; HADDADE, I. R. **Rendimento do feijoeiro em semeadura direta considerando-se a profundidade de adubação e lâminas de irrigação**. Engenharia na Agricultura, viçosa-MG, v.22, n.3. maio/junho. 2014.

LIBARDI, P.L. Medida dos potenciais da água no solo. In: LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, SP: O Autor, 2004. cap.6, p. 121-145.

LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; GOMES, M. M. S.; SOUZA, V. F.; CARDOSO, M. J. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) submetido a três densidades do fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Revista Ceres**, Voçosa, v.34, n.192, p.110-124, mar./abr. 1987.

MAPA. **Perfil do feijão no Brasil**. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>>. 2010. Acesso em 05 de Abril de 2016.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para controle de irrigação em hortaçliças**. Circular técnica. EMBRAPA. Brasília, DF. 2008.

MONTEIRO, P. F. C.; FILHO, R. A.; MONTEIRO, R. O. C. **Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada obre as variáveis agrônômicas da cultura do feijão**. Irriga, Botucatu, v. 15, n.4, p. 386-400, outubro-dezembro, 2010.

NÓBREGA, J.Q.; RAO, T.V.R.; BELTRÃO, N.E.M. & FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 5:437-443, 2001.

NÓBREGA, J. Q. et al. Avaliação do efeito hídrico no rendimento do feijoeiro por sensoriamento remoto termal. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n. 2, p. 299-305, 2004.

NOMELINI, Q. S. S.; COSTA, D. A.; SILVA, L. F.; FERREIRA, A. S.; PEREIRA, J. M.; BIASE, N. G. **Validação do método de dimensionamento do número médio ideal de sementes por saca**. SINAPE, 2010.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. E. L.; BARROS, N. F. **Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso** In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. 1991. p. 195-195.

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, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Rev. Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. , p. 86-95, 2005.

PALUDO, R. **Produtores conhecem melhores variedades de feijão para Carlos Barbosa/RS**. Disponível em:<<http://www.grupocultivar.com.br/noticias/produtores-conhecem-melhores-variedades-de-feijao-para-carlos-barbosa-rs>>. Acesso em 02/07/2016.

PASSIOURA, J. B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of soil Research**, Collingwood, v. 29, p. 717-729, 1991

PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FOLEGATT I, M.V. Redução da receita líquida por déficit ou excesso de água na cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p.869-875, 1997.

PESSÔA, A. S. M. **Feijão**. <Disponívelem: <<http://www.mre.gov.br/CDBRASIL/ITAMARATY/WEB/port/economia/agric/producao/feijao/index.htm>> Acesso em: 08 mar. 2007

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J.de la C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.21-39, 2000.

PORTES, T. A. Como surgiu o feijão de terceira safra ou feijão de inverno? Um pouco de história. **Cultivar**. 2006.

QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; PINTO, F. A. C.; MANTOVANI, E. C. Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 105-117, 2004.

QUINTELA, E. D. **Manejo integrado de pragas do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001, 28p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v. 64, n. 01, p. 75-82, 2005.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, Planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**: Barueri, 2004. 478p.

RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A., EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; CLARK, F.E. (ed.) **Methods of soil analysis - physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling**. Madison, ASASSSA, 1965. p.128-152.

SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão da irrigação**. 2007. 102p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Deficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, v.2, n.3, p.287-294,1998.

SILVA, W. S. 1999. **Desenvolvimento de ensaio de Permeabilidade através de uma bomba de fluxo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, S. L.; ALCÂNTARA, P. F.; SOARES, J. I.; SANTOS, C. P.; BENTO, D. H. SANTOS, C. E. P. **Desempenho de tres tensiômetros em solo arenoso nas condições de Juazeiro do norte-ce**. XXV- CONIRD, congresso nacional de irrigação e drenagem. UFS - São Cristóvão/SE. nov. 2015.

SILVEIRA, P. M. da.; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/ Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, 46p. (EMBRAPA-CNPAF, Circular técnica: 27).

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 2001. 230 p.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Sistema de amostragem do solo e avaliação da disponibilidade de fósforo na fase de implantação do plantio direto**. Piracicaba, 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

SILVEIRA, P. M & STONE, L. F. **Cultivo de feijão irrigado na região noroeste de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/irrigacao.htm>>. 2005.

SMAJSTRLA, A. G.; HARRISON, D. S. **Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling**. Florida: University of Florida, 1998. 6 p. (Circular, 487).

SOUSA JÚNIOR, E. A.; SILVA, R. R.; ARAÚJO, F. M.; SANTANA, M. J. **Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando tensiometria**. Unipam, 2007.

SOUZA, M. A.; LIMA, M. D. B.; SILVA, M. V. V.; ANDRADE, J. W. S. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária tropical**. ISSN 1517-6398. V.39. n. 2, p. 175-182, abr./jun. 2009

STONE, L. F.; PORTES, T. A.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos da tensão de água no solo sobre a produtividade do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária**. Brasília, maio, 1988.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.473-481, 2000.(1998)

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Crescimento e desenvolvimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. Cap. 16, p. 365-400.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize, a review. **Maydica**, Roma, v. 22, p. 49-75, 1977.

VIEIRA, H. J. Parâmetros **hídricos e de crescimento de duas variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1984. 153p. Tese Mestrado.

WANDER, A. E. et al. **Sistemas de cultivo e custos de produção de feijão no Brasil, nas safras 2003/2004 e 2004/2005**. Documentos 180, Embrapa, dezembro, 2005.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G.M. Controle integrado das doenças do tomateiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 1, 1989, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1989. p. 55-76

ZILIO, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.429-438, 2011.