

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO IRRIGADO SOB DIFERENTES  
TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**Laura Dias Ferreira**

**Alegrete, 2017.**

# **RESPOSTA DO FEIJOEIRO IRRIGADO SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

**Laura Dias Ferreira**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

Orientador(a): Ana Rita Costenaro Parizi

Alegrete, RS, Brasil.

2017

Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal Do Pampa  
Curso de Engenharia Agrícola

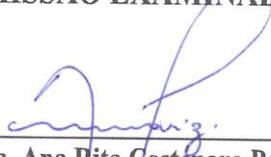
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**RESPOSTA DO FEIJOEIRO IRRIGADO SOB DIFERENTES  
TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

elaborado por  
**Laura Dias Ferreira**

Como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

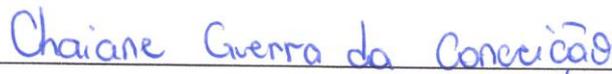
**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Dra. Ana Rita Costenaro Parizi**

(Orientadora)



---

**Chaiâne Guerra da Conceição, Me. (IF Farroupilha)**



---

**Fátima Cibele Soares, Dra. (UNIPAMPA).**

Alegrete, 12 de julho de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois a ele sempre confiei me dando força e persistência para seguir em frente em busca de meus objetivos.

Agradeço em especial, com muito amor e carinho a minha mãe Tânia Regina Dias, pois sempre me apoiou e me incentivou em todos os meus estudos e escolhas que fiz até o momento, nunca impondo esforços para me ajudar e auxiliar quando se fez preciso.

Ao meu pai Nei V. Alves Ferreira por todo o esforço, paciência e auxílio que me destes durante a graduação, sem dúvidas foi essencial. Á minha avó Maria Luiza A. Ferreira que não se faz mais presente, e ao meu namorado Junior Japur pela paciência e compreensão, apoiando-me sempre diante das minhas atividades na graduação.

À minha professora e orientadora Ana Rita Costenaro Parizi, pelo auxílio, dedicação e confiança para a realização deste trabalho, assim como todos os demais professores que tive ao longo desde período da graduação pelos conhecimentos e aprendizados que obtive.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Engenharia de Irrigação (GPEI), pelo trabalho e esforço que realizamos em grupo ao longo da graduação, buscando adquirir sempre mais conhecimento e aprendizado, e em especial a minha colega do grupo Luciane Arce que tive como companheira durante todo o período de execução do meu experimento.

Agradeço também aos técnicos da UNIPAMPA e do IFFar – Campus Alegrete que se dispuseram e me auxiliaram na execução desde experimento.

Enfim, a todas as pessoas e aos colegas do curso de Engenharia Agrícola que de alguma forma contribuíram durante este período da graduação e execução deste experimento.

Muito Obrigada!

*“Conquistar é transpor barreiras, vencer desafios, e alcançar a vitória almejada na luta do dia a dia.”*

***Iolanda Brazão***

## RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso II  
Curso de Engenharia Agrícola  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil  
Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

### **RESPOSTA DO FEIJOEIRO IRRIGADO SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Autor: Laura Dias Ferreira

Orientadora: Ana Rita Costenaro Parizi

Alegrete, 2017.

A água é um dos fatores que limita o rendimento das plantas. Quando as culturas são conduzidas em ambiente protegido, este parâmetro reflete em maior importância, pois o aporte hídrico ocorre exclusivamente por meio da irrigação. O manejo do sistema de irrigação é uma parcela que contribui significativamente para a obtenção de produtos de qualidade, evitando lâminas em excesso ou déficit hídrico. O manejo via solo, por meio de tensiômetros vem sendo bastante utilizado, porém, a recomendação de tensão crítica, ocorre de forma ampla para diferentes regiões, sendo que para a região de Alegrete-RS esta é inexistente. O experimento foi realizado no período de março a maio de 2017 em ambiente protegido da área experimental da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete. O objetivo da proposta foi obter respostas do comportamento da cultura do feijão de vagem sob diferentes tensões de água no solo. O manejo de irrigação foi realizado via tensiômetros determinando o quando irrigar. As leituras de tensões testadas foram 30KPa, 40KPa, 50KPa, 60KPa e 70KPa. A lâmina de água aplicada baseou-se na evapotranspiração da cultura. Os parâmetros avaliados foram de crescimento e produção final. Os resultados foram submetidos à análise da variância e o Teste F, e as médias comparadas entre si por Tuckey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os resultados foram apresentados por meio de gráficos e tabelas. Concluiu-se que, a tensão recomendada para a região de Alegrete – RS na condução da cultura do feijão de vagem é representada pela tensão de 30KPa.

**Palavras-Chave:** ambiente protegido; feijão de vagem; tensão de água no solo.

## **ABSTRACT**

Work of Conclusion Course II  
Agricultural Engineering Course  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil  
Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

### **RESPONSE OF IRRIGATED BEAN UNDER DIFFERENT WATER TENSIONS IN SOIL**

Author: Laura Dias Ferreira

Advisor: Ana Rita Costenaro Parizi

Alegrete, 2017.

Water is one of the coefficients that limits the yield of plants. When the cultivations are conducted in protected environment, this parameter reflects in greater importance, because the water supply happens exclusively through irrigation. The management of the irrigation system is a part that contributes significantly to the achievement of quality products, avoiding sheet in water excess or deficit. The soil management through tensiometers has been widely used, however, the recommendation of critical strain, happens widely for different regions, and for the region of Alegrete – RS this is non-existent. The experiment was realized out from March to May 2017 in protected environment of the experimental area of the Federal University of Pampa, Alegrete Campus. The objective of the proposal was to get responses of the behavior of the bean pod under different soil water strains. Irrigation management was realized out for tensiometers defining when to irrigate. The strains readings tested were 30KPa, 40KPa, 50KPa, 60KPa and 70KPa. The applied water sheet was through on evapotranspiration of the cultivation. The parameters evaluated were growth and final production. The results were submitted to analysis of variance and Test F, and the means compared to each other by Tuckey at the level of 5% error probability. The results were presented through graphs and tables. It was concluded that the recommended strain for the Alegrete – RS region in the bean pod cultivation is represented by the strain of 30KPa.

**Key words:** protected environment; bean of pod; water tension in soil

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ambiente protegido localizado na área experimental da Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete. ....	25
Figura 2 - Colocação da palhada de milho como cobertura de solo após semeadura do feijão de vagem.....	26
Figura 3 - Desbaste realizado no aos vinte dias após a semeadura. ....	26
Figura 4 - Tensiômetro - Equipamento de medição indireta da tensão de água no solo. ....	27
Figura 5 – Conjunto Tanque Classe A utilizado para cálculo da evapotranspiração da cultura.....	28
Figura 6 - Termômetro digital utilizado no experimento para medição da temperatura diária. ....	28
Figura 7 - Instalação dos tensiômetros a 8 cm de profundidade. ....	29
Figura 8 - Contagem do número de vagens por planta.....	30
Figura 9 - A) Pesagem dos grãos por vagem; B) Avaliação do comprimento de vagem por planta. ....	30
Figura 10 - Variação da temperatura no interior do ambiente protegido conforme leituras diárias durante o ciclo da cultura.....	33
Figura 11 – Comportamento do comprimento de vagens (cm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	35
Figura 12 - Comportamento do diâmetro de vagem (mm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	36
Figura 13 - Comportamento do número de vagens por planta (NVP) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS. ....	36
Figura 14 - Comportamento da massa de vagem por planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	37
Figura 15 - Comportamento do número de grãos por vagem (NGV) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS. ....	38
Figura 16 - Comportamento da massa de grãos por vagem (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	38
Figura 17 - Comportamento da massa fresca total da planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	39
Figura 18 - Comportamento da massa seca total da planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.....	40

Figura 19 - Produtividade de Água para as diferentes tensões de água no solo durante o ciclo da cultura do feijão-de-vagem. Alegrete, RS. ....	41
Figura 20 - Comportamento da produção de vagem (Kg/ha) para as diferentes tensões de água no solo conforme o ciclo da cultura do feijão-de-vagem. Alegrete, RS. ....	42
Figura 21 - Comportamento da altura de planta (cm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS. ....	43
Figura 22 - Comportamento do diâmetro do caule (mm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS. ....	44
Figura 23 - Comportamento do índice de área foliar ( $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ ) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS. ....	44
Figura 24 - Lâminas de água (mm) aplicadas dias após a emergência conforme somatório da última irrigação realizada no tratamento. ....	45
Figura 25 - Aplicação das lâminas de água (mm/dia) no ciclo da cultura do feijão de vagem conforme os dias após emergência (DAE). ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Número de irrigações e lâmina total aplicada (mm) em cada tratamento. ....	32
Tabela 2 - Resultados obtidos ao nível de 5% de probabilidade das tensões de água no solo na condução do feijão aos sessenta e dois dias após a emergência para os tratamentos T1: 30KPa, T2: 40KPa, T3: 50KPa, T4: 60KPa, T5: 70Kpa. ....	34
Tabela 3 - Produção de vagens (Kg/ha) e produtividade de água (Kg/m <sup>3</sup> ) para as diferentes tensões de água no solo. ....	40
Tabela 4 - Resultados obtidos através de Tukey para os fatores IAF, altura de planta e diâmetro de caule. ....	43

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	12
2.	OBJETIVO .....	14
2.1	Objetivos Específicos .....	14
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	A Cultura do Feijão.....	15
3.2	Irrigação .....	18
3.3	Manejo de Irrigação .....	20
3.4	Potencial Matricial.....	22
3.5	Ambiente Protegido .....	22
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
5.	RESULTADOS E DISCUSÃO .....	32
6.	CONCLUSÃO .....	48
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.), uma das culturas mais exigidas na dieta da população brasileira, devido ao seu alto teor de nutrientes em sua composição. O feijão de vagem é uma leguminosa que vem crescendo cada vez mais no ramo da agricultura, ganhando espaço no mercado, comparando-se às demais. Por ter origem nas Américas, seu cultivo em zonas brasileiras é bastante beneficiado, uma vez que cresce melhor em regiões de climas mais quente, podendo ter uma variação térmica de 18° a 30°C.

Dentre os fatores que limitam sua produtividade está a disponibilidade hídrica. Para sanar tal fator, a tecnologia da irrigação entra como uma importante ferramenta adotada para garantir a produção da cultura. Períodos de estiagem e/ou quando a entrada de água ocorre exclusivamente de forma artificial, como é o caso de regiões com baixos índices pluviométricos, ou ainda quando a produção se dá em ambiente protegido, são casos típicos que justificam sua implantação.

A agricultura irrigada é uma importante estratégia voltada à melhoria da produção mundial dos alimentos, buscando um desenvolvimento sustentável no campo, proporcionando mais empregos e uma renda considerada mais estável, sendo que atualmente, milhares de pessoas são dependentes de alimentos produzidos por áreas irrigadas (Montovani *et al.*, 2007).

Quando se utiliza a tecnologia da irrigação, faz-se necessário adotar procedimentos para seu controle, adotando um critério racional. Para este controle da-se o nome de manejo de irrigação, onde o termo, responde as perguntas: Quando irrigar? Quanto de água aplicar? As respostas podem ser dadas por vários parâmetros, sejam eles, de solo, de clima e de planta. Quando se adota o manejo via solo, uma das formas baseia-se no potencial de água no solo com a utilização de tensiometria e para o manejo via clima, no valor obtido da evapotranspiração da cultura.

Quando se utiliza tensiometria, para a obtenção do quando irrigar, existem valores recomendados pela bibliografia de tensão de água no solo críticos para diferentes culturas. No entanto, não levam em consideração o tipo de solo, principalmente no que se refere a sua condição física e parâmetros climáticos, ou seja, a região na qual está inserido o local irrigado. Desta forma, os valores são extrapolados de forma ampla, para diferentes situações, não oferecendo confiabilidade.

O planejamento para a operação de projetos de irrigação, que visam a máxima produtividade associada a qualidade do produto, necessitam de conhecimentos essenciais como as inter- relações entre solo-água-atmosfera e manejo de irrigação, assim pensando

sempre nos propósitos a que se quer chegar, como por exemplo a economia de água, estruturação do solo, e produtividade.

Em relação à produção em ambiente protegido, este, vem sendo cada vez mais utilizado para a comercialização da leguminosa, por trazer maior segurança no que se refere ao controle da temperatura e oferta hídrica artificial (irrigação), resultando em um produto com padrão de qualidade aceitável e valorizado no mercado.

Oscilações climáticas são eventos frequentes na região de Alegrete, RS, uma região com hábito cultural de produção de grãos, principalmente o arroz e pecuária. A produção de feijão em vagem, sequer aparece no ranking de produtos alimentícios cultivados. No entanto seu cultivo em ambiente protegido pode agregar aumento de renda, principalmente na agricultura familiar.

Desta forma, buscando inserir uma nova cultura no cenário produtivo da região de Alegrete, RS, o presente trabalho tem como objetivo, avaliar a resposta da cultura do feijão de vagem irrigado via clima e submetido a diferentes tensões de água no solo.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar a resposta da cultura do feijão de vagem irrigado via clima e submetido a diferentes potenciais de água no solo.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Obter o valor de potencial matricial de água no solo necessário para definir o momento de irrigar para a condição de solo e clima em que o experimento será instalado;
- Avaliar a resposta da cultura do feijão de vagem irrigado via clima e submetido a diferentes potenciais de água no solo no que se refere aos parâmetros de crescimento e produção final de vagens.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A Cultura do Feijão

Segundo Debouck (1993), o feijoeiro, é uma cultura do gênero *Phaseolus* tendo origem nas Américas, possuindo em torno de 55 espécies, sendo estas as cinco cultivas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* Greenman. Entre ambas, o *Phaseolus vulgaris*, é considerada a mais significativa, pois é uma espécie que além de ser antiga é empregada nos cinco continentes. Por ser cultivado em diversos ambientes e em vários países, considera-se uma espécie com maior variabilidade de caracteres agrônômicos tais como, comportamento de crescimento, seu tamanho, cor de grãos e seu ciclo (SINGH, 1993).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura considerada das mais importantes na dieta da população brasileira, por possuir uma grande fonte de proteína, também uma boa composição de carboidratos além de ser rico em ferro que traz como um dos maiores produtores do grão o Brasil, estado de Minas Gerais, correspondendo cerca de 15% da produção nacional. Além de produzir, o Brasil também é considerado o maior consumidor desta leguminosa, equivalendo um consumo *per capita* à cerca de 16 hg/ano, totalizando 44 g/dia. Esta leguminosa normalmente é cultivada em pequenas propriedades rurais, que manipulam como seu próprio mantimento e que, nos últimos anos, seus produtores veem adotando medidas de tecnologias avançadas nas quais usam também métodos como a irrigação (VIEIRA *et al.*, 2011).

Em regiões que produzem o feijão, a semeadura pode ocorrer em três épocas, sendo a primeira no período de agosto à dezembro, conceituada como “safra das águas” realizada em regiões como no Sul, a seguinte época se dá entre os períodos de janeiro à abril chamada de “safra seca” abrangendo em todo o país, e o por fim, a terceira ocorre em períodos entre maio à agosto conhecida como “safra seca” e que ocorre em regiões no Centro-Oeste, sendo assim, como pode ser notado, o plantio da cultura tem capacidade de ser executado durante todo o ano, havendo sua produção em diversos períodos (VIEIRA *et al.*, 2011).

Vieira (1976) coloca que a temperatura ótima para o ciclo da cultura seja de 18 a 24°C. Já para Mariot (1989) a temperatura média durante o ciclo do feijão, na América Latina, seja de 17,5 a 25°C, relatando que a época de semeadura busca coincidir com a época de floração tendo temperaturas de  $21 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Com a ocorrência de temperaturas que possam estar abaixo ou acima da faixa considerada ótima e conforme sua duração e continuidade, o crescimento da cultura pode vir a sofrer sérios prejuízos, levando a resultados como o baixo rendimento de grãos (VIEIRA *et al.*, 2011).

Conforme Guimarães (1988), a água é considerada como outro fator limitante para o rendimento da cultura, pois ela age de forma direta nos processos básicos da planta tais como, absorção e translocação de nutrientes, fotossíntese e translocação de assimilados, transpiração, respiração e, como última observação, o crescimento e produção de grãos. Fageria (1980) diz que a radiação solar também é um dos fatores climáticos importantes, por causa do seu reflexo nas taxas de fotossíntese.

Se tratando de deficiência hídrica no feijoeiro, esta pode ocorrer na iniciação da taxa de evapotranspiração, quando a mesma chegar a um limite superior à taxa de absorção de água pelas raízes. O feijoeiro, por apresentar raízes bem superficiais, e o fato de possíveis ocorrências de irrigações espaçadas, acarreta em reduções do conteúdo de água na camada superficial do solo, o que leva a diminuição ou impossibilidade de absorção. No momento em que o déficit hídrico se coloca no tempo em que ocorre a semeadura e a emissão da quarta folha trifoliolada, danos podem ocorrer na germinação, também na emergência e sobrevivência das plantas, obtendo possíveis resultados como o baixo rendimento dos grãos (VIEIRA *et al.*, 2011).

Macedo Junior *et al.* (1994) dizem que, quando o feijão é sujeito a variadas tensões matriciais de água no solo recorrente aos 20 primeiros dias, a redução na produção dos grãos vai de 16 a 42%, comparadas com a produção conforme o solo estando em capacidade de campo de 0,01 Mpa. Para Fancelli e Dourado Neto (1999), quando inicia-se a fase de reprodução, esta tende a ser mais crítica quanto ao déficit hídrico, na qual há uma significativa redução da emissão de novas folhas e também perda de produção da ordem de 15 a 30%. Já para outros pesquisadores (MAGALHÃES; MILLAR, 1978; HOSTALÁCIO; VÁLIO, 1984), contradizem sobre a reação da deficiência hídrica tratando-se de pré-florescimento, sendo os resultados unânimes na indicação do florescimento, formação de vagens e o enchimento de grãos as fases mais críticas da cultura.

Dentre as variadas espécies que existem de feijão, tem-se o feijão-vagem, uma espécie na qual se consomem suas vagens verdes apresentando textura macia e sem fibras, variando num comprimento de 15 a 18 cm. A parte terminal de sua haste é a que define os dois modos de crescimento, sendo o primeiro definido como anão, rasteiro ou arbustivo, na qual a planta pode atingir alturas em média de 50 cm e um florescimento e produção de vagens, ambos

centralizado em um curto período de tempo. Já no segundo, o crescimento é indeterminado, conhecido como feijão-vagem trepador, necessitando de um controle/monitoramento de suas hastes, podendo chegar a alturas de 2,5 metros, sendo as vagens produzidas em períodos mais extensos, havendo maior produtividade em comparação ao feijão-vagem anão (TRANI et al., 2015).

A composição das folhas do feijão-de-vagem se dá por três folíolos grandes, com formato de coração sendo, dois laterais e um no centro. Suas flores são hermafroditas e autoférteis, suas raízes são superficiais no solo e, possuem a capacidade de fixar o nitrogênio do ar devido a formação de seus nódulos (KUROZAWA, 2007).

Esta leguminosa é rica em proteínas, apresentando em sua composição cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do tipo A, B1, B2 e C. Em virtude da sua origem, nas Américas, o feijão-vagem cresce de melhor forma em climas mais quentes, sendo assim, seu cultivo em zonas brasileiras bastante beneficiado, optam por solos bem drenados, arenosos e com um pH variando de 5,6 a 6,8 (Redação Rural News, 2015). É uma leguminosa de semeadura direta, não aceitando ao transplântio, semeando em média de 2 a 3 sementes por cada cova. Para as cultivares em que o crescimento é determinado, recomenda-se espaçamentos entre linhas de 0,5 a 0,9 metros e 0,15 a 0,5 metros entre plantas. Já para as cultivares em que o crescimento não é indeterminado, recomenda-se 1,0 a 1,2 metros entre linhas e 0,2 a 0,5 metros de espaçamento entre plantas. A profundidade de semeadura pode variar de 4 a 7 cm dependendo da textura, da compactação e, da umidade natural do solo em que será semeado (BÖHMER, 2008).

Por originar-se em regiões mais quentes e conforme sua faixa térmica, lugares em que as temperaturas excedam os 35°C podem causar na planta a deficiência de polinização consequentemente a deformação das vagens e na alta redução da produtividade (BÖHMER, 2008).

De acordo com Maroto (2000), o feijão-vagem requer bastante calor, na qual seu desenvolvimento ótimo se dá em temperaturas que variam de 18° a 25°C. Já para Embrapa Rondônia (2008), a temperatura considerada ótima para seu desenvolvimento varia de 18° a 24°C durante o dia, e para a noite temperaturas de 15° a 21°C.

Sua colheita se dá a partir dos 60 a 70 dias após a semeadura, para as que possuem porte alto, e 55 a 60 dias para as de porte baixo. Estas vagens são extraídas imaturas, nas quais as sementes estarão pouco desenvolvidas, sendo assim, considerado o ponto ideal para colhê-las no período em que as vagens apresentarem seu máximo desenvolvimento (BÖHMER, 2008).

Cermeño (1977) diz que a planta só irá atingir seu desenvolvimento considerado ótimo, quando o solo possuir uma temperatura adequada. Além de facilitar as funções vitais que são executadas pelas raízes, o calor do solo, ajuda também na proliferação microbiana que interveem na decomposição de minerais e matéria orgânica. A temperatura do solo também pode interferir na germinação da planta, assim como na emergência das plântulas. Considerado um dos fatores mais importantes, pois o produtor na maioria das vezes não tem um controle absoluto sobre o mesmo, e temperaturas muito baixas ou muito altas podem vir a interferir na velocidade de germinação da semente.

As altas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar ocasionam o aumento da transpiração assim, aumentando a demanda de água pela planta prejudicando o número final de vagens e o enchimento de grãos, (Pereira, *et al.*, 2014). Também, em casos de alta umidade relativa do ar, levam ao surgimento de doenças do tipo foliares, ocasionando grandes perdas na plantação (EMBRAPA, 2008). Referindo-se a umidade relativa do ar em ambientes protegidos, Cermeño (1977) diz que esta se dá por ótima na faixa de variação entre 60 a 75%.

### **3.2 Irrigação**

A irrigação é considerada uma prática agrícola responsável pelo fornecimento de água às culturas, distribuindo água quando as chuvas e até mesmo outro modo de fornecimento não consegue suprir as necessidades hídricas exigentes pela planta (GOMES, 1997).

Estas necessidades hídricas é a irrigação que irá lhe fornecer, pois em períodos de crescimento e desenvolvimento da planta, repõe no solo toda a água que foi perdida por meio da evapotranspiração. Assim, com técnicas como esta se faz possível executar, não só uma safra por ano, mas sim mais de uma contribuindo para o melhor proveito do solo, também nos serrados e em regiões mais secas, diminuindo possíveis problemas que possam acontecer por meio das condições climáticas, e basicamente aumentando a produtividade agrícola (SANTANA, 2003).

Para a cultura do feijão, os métodos de irrigação que podem ser adotados são o de aspersão, o superficial (por sulcos) e o subirrigação, e para a adequação destes métodos, dependerá dos fatores solo, da topografia e do nível de tecnologia a ser utilizado (VIEIRA *et al.*, 2011).

Pesquisadores (SILVEIRA *et al.*, 1989; FRIZZONE & OLITA, 1987; SILVEIRA & MOREIRA, 1990), dizem que a cultura do feijoeiro comum tem um aumento na produtividade quando se acrescenta a lâmina de água. Para Rezende *et al.* (2004), alcançaram

resultados em termos de produtividade com cultivo sem irrigação suplementar de 935 kg.ha<sup>1</sup> e 1.239 kg.ha<sup>1</sup> com irrigação suplementar.

Conforme Silveira & Stone (1994), a decisão de quando irrigar a cultura do feijão de grãos se dá quando o potencial mátrico da água atingir 35Kpa. Porém, diante de outras pesquisas segundo Freitas et al., (2012) diz que se deve irrigar ao atingir 39Kpa, ou 37Kpa (FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

De acordo com Moreira et al. (1988), quando ocorre drenagem deficiente e irrigações abundantes, originam excesso de água no solo. Portanto, a proporção determinará a abundância de água na superfície ou encharcamento do solo, o que para a cultura do feijão são condições na qual a cultura não suporta (VIEIRA, 1967; ROBINS *et al.*, 1967; FORSHYTE; PINCHINAT, 1971), pois nessas condições de excesso ocorre o arejamento inadequado ou deficiência de oxigênio (VIEIRA *et al.*, 2011). Em fase de maturação, a água em excesso pode levar ao prolongamento do ciclo da cultura e também na demora das operações da colheita, gerando brotação e até o surgimento de manchas no grão, nas quais ocorrem particularmente em espécies com hábito de crescimento semiprostrado ou prostrado, isto é, vagens que podem entrar em contato com o solo (VIEIRA *et al.*, 2011).

Para o feijão de vagem, a irrigação deve ser feita de modo que o solo permaneça sempre úmido, porém não deixando o mesmo ficar encharcado ocasionando possível apodrecimento das raízes. Deve-se cuidar também no período da primeira floração evitando o excesso de água, pois influenciam na queda das flores (VIEGA, 2015).

Segundo Brito et al. (2012) devido a agricultura irrigada consumir a maior parte de água doce que é disponível em países em desenvolvimento estabelecendo uma média entre 60% a 80% (CHRISTOFIDIS,2008), buscar meios para aumentar a produtividade dos alimentos com a diminuição do consumo de água, vem se tornando um dos grandes desafios para a humanidade.

Santana et al. (2008) afirmam que a irrigação é uma das alternativas mais viáveis comparado aos tratos culturais, gerando uma melhor produtividade e que seu propósito principal é fornecer a água às plantas de modo que supra suas exigências hídricas.

Apesar de se compor em uma técnica que visa a atingir altos níveis de produção, é necessário que a irrigação não seja considerada apenas de forma individual, mas sim, um complemento que acompanha as demais práticas, buscando o alcance de melhores resultados em termos de produção (FERREIRA, 2011).

### 3.3 Manejo de Irrigação

Todo o planejamento ou até mesmo a operação de um projeto de irrigação, que tenha por finalidade buscar a máxima produtividade juntamente a boa qualidade do produto, de modo que use a água com eficiência, deve obter conhecimentos referentes às inter-relações entre solo-água-atmosfera e manejo da irrigação. Porém, as práticas irrigatórias que são usadas hoje em dia muitas vezes são aplicadas de forma própria, ou seja, com conhecimento já herdado ou até mesmo por convivências particulares (BERNARDO *et al.*, 2006).

Quando se inicia um projeto de irrigação, deve-se pensar sempre em qual propósito se quer chegar, como por exemplo, em economizar a água aplicada, diminuir a deterioração da estrutura do solo, perda de nutrientes, aumentar a produtividade, entre outros (BERNARDO *et al.*, 2006).

Para Alves Júnior (2006), o manejo da irrigação refere-se à tomada de decisão para sabermos o momento de quando irrigar e a quantidade de água que se deve aplicar. Costa (2006), diz que quando não ocorre o entendimento correto entre essas duas variáveis, o irrigante faz o uso inadequado da água aplicada, tanto pelo seu excesso ou pelas necessidades da planta.

Segundo Bernardo *et al.* (2006), ao recomendar um sistema de irrigação, são necessários: analisar fatores como solo, clima, planta e suprimento de água; considerar fatores de engenharia para este sistema; pensar sempre em obter melhor função econômica e, os fatores operacionais da propriedade.

Para Reichardt (1990), deve-se aplicar a lâmina de água no solo quando seu potencial hídrico estiver ainda alto, de modo que não exponha a planta a uma deficiência de água podendo interferir no seu desenvolvimento, e também quando a condutividade hidráulica do solo estiver alta, para que supra a demanda que evaporou da atmosfera.

A decisão de quando irrigar é um dos fatores considerado mais importante da irrigação no seu manejo (BERNARDO, 1989). O manejo de irrigação pode ser feito por meio de indicadores como clima, solo e planta.

Para o manejo via solo, pode ser adotado o uso de tensiômetros, que de acordo com Bernardo (2006), é um método indireto que determina a tensão de água no solo e indireto para determinação da porcentagem de água no solo, constituído por uma cápsula de cerâmica ligada por meio de um tubo a um manômetro, onde a tensão é lida.

O momento das irrigações com auxílio de leituras de tensiômetros irá ajudar a medir a tensão matricial de água no solo. Eles medem a força na qual a água é retida pelo solo, esta

que afeta a absorção de água pela planta e indicam também, o momento certo que será necessário se fazer a irrigação. Os mesmos devem permanecer instalados no ambiente desejado durante todo o ciclo da cultura, e de forma indireta fornecerá informações necessárias para estimar a lâmina de água que deverá ser aplicada a cada irrigação (MAROUELLI, 2008).

A leitura deste equipamento chega a uma capacidade com tensão de 0,75 atm, e em casos em que esta tensão excede o limite pode ocorrer o risco de o tensiômetro perder a escorva ocasionando a parada do mesmo, por isso, o equipamento só pode cobrir uma parte da água disponível do solo, sendo esta em média de 70% para solos arenosos e 40% para solos argilosos. A determinação da tensão de água no solo por meio deste equipamento resulta numa precisão consideravelmente boa, podendo ser usado para automatizar a operação de sistemas de irrigação (BERNARDO *et al.*, 2006).

Villagra (1988) diz que o manejo de irrigação realizado por meio do potencial de água no solo, é a forma mais econômica para o uso da água. Segundo Villagra (1988) & Klein (2001), quando aplicado para determinar o potencial matricial em condições de campo, o tensiômetro é o equipamento mais utilizado e recomendado.

Na decisão de quanto irrigar, há métodos nas quais podem ser utilizados na obtenção destes dados como, por exemplo, via clima, solo e planta. Pelos indicadores via clima e solo, o manejo de irrigação pode ser realizado pelos métodos diretos e indiretos.

Os métodos indiretos segundo Bernardo *et al.* (2006), são aqueles que não fornecem a evapotranspiração de forma direta, sendo divididos em dois grandes grupos: os evaporímetros e equações. Os evaporímetros são usados para medir a evaporação da água, e dentre eles temos o Tanque Classe A, que além de ter um custo baixo e do fácil manejo, é um dos mais empregados em projetos de irrigação. Possui como vantagem a medição da evaporação de uma superfície de água livre, relacionando os efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar.

Na execução de um projeto baseado num dimensionamento bem elaborado e um correto manejo, pode-se obter vários benefícios à cultura com o aumento da produtividade, permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes, fazer um programa de cultivo, isto é, fazer uma escala de colheita, possibilita obter duas ou mais colheitas em um só ano, na mesma área, ou seja, o uso intensivo do solo (BERNARDO *et al.*, 2006).

### 3.4 Potencial Matricial

Segundo Libardi (2004), o potencial mátrico representa as interações entre a matriz do solo e a solução do solo. Ele inclui as forças que agregam a adsorção e a capilaridade, ambas responsáveis pela retenção da solução no solo.

Para Jensen et al., (1998) o potencial de água no solo está relacionado mais ao crescimento das plantas do que o conteúdo de água disponível. Silva (2005) diz que o potencial hídrico do solo é a diferença da energia do sistema entre o estado da água no solo e um estado padrão, também afirma que este distingue o estado de energia no ponto considerado, e que a tendência direta de água no solo será sempre de diminuir, ou seja, um estado de menor potencial. Quando se conhece os potenciais da água em distintos pontos no solo, podemos definir a disposição do seu movimento (REICHARDT & TIMM, 2004).

O potencial total de água no solo refere-se à medida que se apresenta sua energia, e esta pode ser representado, pela soma dos componentes do potencial matricial, potencial osmótico, potencial de pressão e potencial gravitacional. Para medir o potencial de água no solo existem diversos instrumentos nas quais pode ser utilizado e dentre eles, o instrumento já destacado empregado para medir este potencial são os tensiômetros (SILVA, 2004).

A medida do potencial mátrico via tensiômetro, é de modo geral limitada a valores menores que 1 atm, apresentando intervalos de 0 a 0,85 atm (85 Kpa) mas, em aplicações à campo este intervalo de umidade do solo, pode superar a estes valores (REICHARDT & TIMM, 2004; LIBARDI, 2004).

Segundo Nascimento et al. (2004) ao realizarem um estudo sobre o efeito da variação de diferentes níveis de água disponível no solo (40%, 60%, 80% e 100%), baseado no crescimento e produtividade de vagens e grãos verde do feijão-caupi cultivar IPA 206, em areia, Paraíba, constataram que os diferentes níveis de água disponível no solo podem influenciar em grande escala no crescimento e produção da cultivar estudada.

### 3.5 Ambiente Protegido

Ambiente protegido refere-se às estruturas de proteção, as quais proporcionam a alteração do microclima de um determinado ambiente, tornando possível o cultivo de hortaliças nas épocas consideradas desfavoráveis durante o ano (MARTINS *et al.*, 1994), assim como ajudando a aumentar o período de produção (MAKISHIMA e CARRIJO, 1998), disponibilizando maior rendimento e mais qualidade dos frutos (LOURES *et al.*, 1998).

Celso (2006) diz que, muitos produtores enfrentam desafios como controle do ambiente em que as plantas são cultivadas, por isso, as casas de vegetação auxiliam no aumento da produtividade de alimentos, em épocas mais amplas durante o ano.

As casas de vegetação, segundo Reis (2005), são ambientes controlados que servem para proteger a produção de plantas, como hortaliças e flores. Já para Praela (2007), diz que a casa de vegetação apresenta o controle de condições adaptadas para o cultivo das plantas, tais como a temperatura e umidade relativa do ar, a umidade no solo ou vaso por meio da irrigação, força do vento, assim como insetos entre outros, determinando estes, fatores essenciais para obter melhores resultados no desenvolvimento da planta.

Há certa diferença entre casa de vegetação e estufa, pois segundo Filho (2002), apresentam graus de controle diferentes em seu ambiente interno.

As estufas servem para o cultivo das plantas, principalmente para controlar o calor, pois o teto e paredes podem ser feitos de vidro ou plástico transparentes à luz visível. Estes materiais são transparentes em relação às radiações infravermelhas de menor comprimento de onda, que se juntam a luz visível e demais radiações penetrando na estufa. O aquecimento do ambiente interno se dá por meio de certa parte de energia que é absorvida por tudo aquilo que estiver em seu interior como as plantas, terra, ar etc., assim os corpos que estão em seu interior irão emitir as radiações infravermelhas de comprimento de onda maior, na qual a composição da estufa no caso o vidro ou plástico são sensivelmente opacos, ocorrendo assim, a retenção de energia térmica e apesar das temperaturas do lado de fora estarem baixas, a estufa irá se manter aquecida (BISCUOLA & MAIALI).

Segundo a CTNBio, a casa de vegetação possui estrutura com paredes, teto e piso, construídas e usadas para o crescimento da planta em ambiente controlado e protegido. Seu teto e paredes constroem-se de material transparente ou translúcido, de modo que permita a passagem de luz solar.

Para o fornecimento de água em ambientes como estes, há a necessidade de disposição de mão-de-obra nos horários estipulados para irrigar. Existem variedades de sistemas automáticos que servem para executar esta função de modo preciso e econômico como, por exemplo, relógios temporizadores e sensores mecânicos de evaporação, controlando a irrigação e a fertirrigação, assim como sistemas de micro-aspersão podem também servir como método de irrigação para a produção vegetal. O sistema de irrigação em ambientes como este, para ser realizado deve levar sempre em conta o tipo de plantio, sistema de produção e, os parâmetros da cultura na qual será produzida (BELTRÃO *et al.*, 2004).

O feijão-vagem é bastante sensível em relação às condições meteorológicas adversas, se tornando então de alto risco sua produção. Quando colocado no ambiente protegido em períodos como, por exemplo, no outono a radiação solar interna pode ser limitante, apresentando-se abaixo do limite trófico do feijoeiro. Além de tudo, o excesso de baixas temperaturas pode aumentar o período reprodutivo e conseqüentemente diminuindo o rendimento, em comparação às épocas mais favoráveis do ano (ALDRIGHI, 2000).

Apesar das variedades com crescimento determinado serem menos produtivas, elas possuem algumas vantagens econômicas como, por exemplo, a não necessidade de tutoramento que diminuem os custos tanto de mão-de-obra quanto de material, devido ao seu ciclo ocupam a área de produção por menos tempo, que ocasionam a menores custos com irrigação, manejo na estufa, colheita etc.

Conforme Barbosa et al. (2001), o feijão-vagem de crescimento determinado além de possuir vantagens econômicas, é também indicado para a rotação de culturas em ambiente protegido. É recomendado semear em seguida a uma cultura de tomateiro ou pepino, e para melhores resultado, recomenda-se semear no mesmo sulco na qual a cultura anterior foi plantada.

Esta técnica segundo Embrapa (2008), ajuda a melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, além de ajudar no controle de plantas daninhas, doenças e pragas, ajudando também na recomposição da matéria orgânica e protegendo a planta de possíveis ações decorrentes do clima.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado em ambiente protegido na área experimental da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, sendo esta localizado nas coordenadas geográficas 29° 47' de latitude, 55° 46' de longitude e 91 metros de altitude.

O ambiente protegido localiza-se no sentido leste-oeste, confeccionada por material plástico convencional de 150 micra, dimensões 7 x 15 metros, com bancadas em seu interior orientadas também no sentido leste-oeste. Na figura 1, apresenta-se a vista do ambiente protegido utilizado no experimento.



**Figura 1** – Ambiente protegido localizado na área experimental da Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete.

Fonte: FERREIRA, 2017.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos e 4 repetições. A planta foi conduzida em vasos plásticos medindo 33 cm de diâmetro e 30 cm de altura. A data de semeadura ocorreu no dia 20 de março de 2017.

Para a realização do experimento, o solo dos vasos foi retirado de área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Alegrete, onde o solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico.

O solo após coletado, passou pelo processo secagem natural durante um período de aproximadamente 7 dias sendo distribuído em uma lona dentro do próprio ambiente protegido, após este processo o solo foi destorroado e peneirado em peneira de 2 mm de diâmetro, para que o mesmo ficasse totalmente homogêneo.

Na colocação do solo nos vasos, antes acrescentou-se ao fundo uma camada de manta de drenagem, com finalidade de ocorrer uma boa drenagem das lâminas de água aplicadas no experimento.

Como cobertura do solo utilizou-se palhada de milho com o objetivo de promover melhoria dos atributos químicos e físicos do mesmo e influenciar o rendimento da cultura subsequente, no caso o feijão-de-vagem. Este procedimento ocorreu logo após a semeadura da cultura. A Figura 2 mostra o procedimento realizado com a palhada.



**Figura 2** - Colocação da palhada de milho como cobertura de solo após semeadura do feijão de vagem.  
Fonte: FERREIRA, 2017.

Durante a execução antes da semeadura os vasos plásticos passaram por um procedimento de pintura na cor branca, devido a coloração inicial preta absorver muito calor via radiação solar e posteriormente sobreaquecendo os vasos.

A cultivar analisada foi de feijão-vagem do tipo Macarrão Anão (Macarrão Baixo Belo). A semeadura ocorreu por meio de 9 sementes semeadas por vaso e após um período de crescimento de aproximadamente 20 dias após a emergência foi feito o desbaste permanecendo somente 3 plantas por vaso. A seguir na figura 3, plantas retiradas após o desbaste.



**Figura 3** - Desbaste realizado no aos vinte dias após a semeadura.  
Fonte: FERREIRA, 2016/17.

O manejo de irrigação foi realizado com auxílio de tensiômetros (quando irrigar), e pelo cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) (quanto irrigar). Para determinar a ETc, foi utilizada a seguinte equação:

$$ETc = Ev \cdot Kp \cdot Kc \quad (1)$$

Onde:

ETc - Evapotranspiração da cultura (mm);

Ev - Evaporação do tanque (mm);

Kp - Coeficiente do tanque (adimensional);

Kc - Coeficiente de cultura (BÖHMER *et al*, 2007).

Fonte: PARIZI, 2017.

Para o coeficiente do tanque (Kp) utilizou-se o valor médio adotado de 0,8.

Na figura 4, equipamento utilizado para medição da tensão de água no solo.



**Figura 4** - Tensiômetro - Equipamento de medição indireta da tensão de água no solo.

Fonte: FERREIRA, 2017.

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura, utilizou-se o equipamento de medição indireta Tanque Classe A que se encontra na parte interna da estufa, e através das leituras diárias, verificou-se o quanto evaporava de água durante os dias. Na figura 6, conjunto Tanque Classe A.



**Figura 5** – Conjunto Tanque Classe A utilizado para cálculo da evapotranspiração da cultura..  
Fonte: FERREIRA, 2016.

Também durante as leituras diárias do tanque, conforme a figura 7, eram realizadas leituras de um termômetro digital MT-250, verificando assim todos os dias no período da manhã a temperatura em que o ciclo do feijoeiro estava submetido.



**Figura 6** - Termômetro digital utilizado no experimento para medição da temperatura diária.  
Fonte: FERREIRA, 2017.

Os tensiômetros foram instalados em todos os vasos a uma profundidade de 8 cm e através de suas leituras foram definidos os tratamentos, a saber: tratamento 1 - 30Kpa, tratamento 2 - 40Kpa, tratamento 3 - 50Kpa, tratamento 4 - 60Kpa e tratamento 5 - 70Kpa no qual, quando os mesmos atingirem o determinado valor estipulado de cada potencial, será aplicada a lâmina de irrigação ( BRITO *et al.*, 2015). Na figura 7, instalação dos tensiômetros.



**Figura 7** - Instalação dos tensiômetros a 8 cm de profundidade.

Fonte: FERREIRA, 2016.

Ao atingir a tensão de referência ocorria a irrigação (somatório da evapotranspiração ocorrida no período, à contar da última irrigação), e em seguida os tensiômetros eram zerados.

No período de colheita, ocorrem duas devido ao fato das vagens ainda estarem em processo de formação e enchimento dos grãos. A primeira colheita deu-se no dia 23 de maio de 2017 e a segunda no dia 29 de maio de 2017.

Após procedimentos executados para o desenvolvimento do experimento, os parâmetros avaliados foram: índice de área foliar onde as medidas foram feitas em nove trifólios.planta<sup>-1</sup> sendo três trifólios da parte de baixo, três trifólios da parte intermediária e três trifólios da parte superior da planta. Foram avaliados também altura de planta (com auxílio de régua), diâmetro do caule (auxílio de um paquímetro digital) e fases fenológicas (fase vegetativa e reprodutiva). O cálculo do índice área foliar estimou-se por meio da média do comprimento de folhas (comp. médio), média da largura das folhas (lar. média), fator de correção 0,75, número de folhas (nº. folhas), e número de plantas.m<sup>-2</sup> (nº. planta/m<sup>2</sup>), conforme equação a seguir:

$$IAF = \frac{(comp.médio \times lar.média) \times 0,75 \times n^{\circ} \text{ folhas} \times n^{\circ} \text{ plantas/m}^2}{10000} \quad (2)$$

Onde:

Comp - comprimento da folha;

Lar - largura da folha;

Coefficiente 0,75 (STICKLER et al., 1961).

Fonte: PARIZI, 2007.

Para a colheita foram avaliados: o número de vagens por planta (NVP); número de vagens de plantas individuais da parcela; comprimento de vagens (COMPV); número de grãos por vagens (NGV); produção de vagens por planta; massa fresca de vagens por planta (PVP) expressa em gramas (g); massa de grãos por vagem (PGV); massa fresca de planta; massa seca de planta. Na figura 8 análise de produção de grãos.



**Figura 8** - Contagem do número de vagens por planta.  
Fonte: FERREIRA, 2016.

Na figura 9, avaliação realizada referente ao peso dos grãos por vagem e comprimento de vagem por planta.



**Figura 9** - A) Pesagem dos grãos por vagem; B) Avaliação do comprimento de vagem por planta.  
Fonte: FERREIRA, 2017.

Para cada tensão de água no solo, também foram analisadas a Produtividade da Água (WP) proposta por (Pereira et al., 2009), onde  $WP$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). É definida como a razão entre a produção atingida pela cultura referente ao número de vagens ( $\text{Kg/ha}$ ) e a quantidade de água utilizada ( $\text{m}^3$ ), como segue:

$$PW = \frac{\text{Prod. final de vagem (Kg/ha)}}{\text{Lâmina de Água (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

Foram efetuadas análises estatísticas, por meio do software Assistat após todos os parâmetros avaliados, assim comparando os resultados entre si para obter a melhor resposta referente ao desenvolvimento e produtividade das diferentes tensões de água no solo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSÃO

A Tabela 1 apresenta os tratamentos, seguidos do número de irrigações e lâminas de água aplicada (mm) em cada tratamento do experimento.

**Tabela 1-** Número de irrigações e lâmina total aplicada (mm) em cada tratamento.

Tratamento	Número de Irrigações	Lâmina Total de Irrigação (mm)
30KPa	42	56,631
40KPa	39	56,184
50KPa	34	55,936
60KPa	19	52,601
70KPa	13	50,247

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que ocorreu um decréscimo do número de irrigações com o aumento da tensão de água no solo (tratamentos) e consequente redução das lâminas de irrigação.

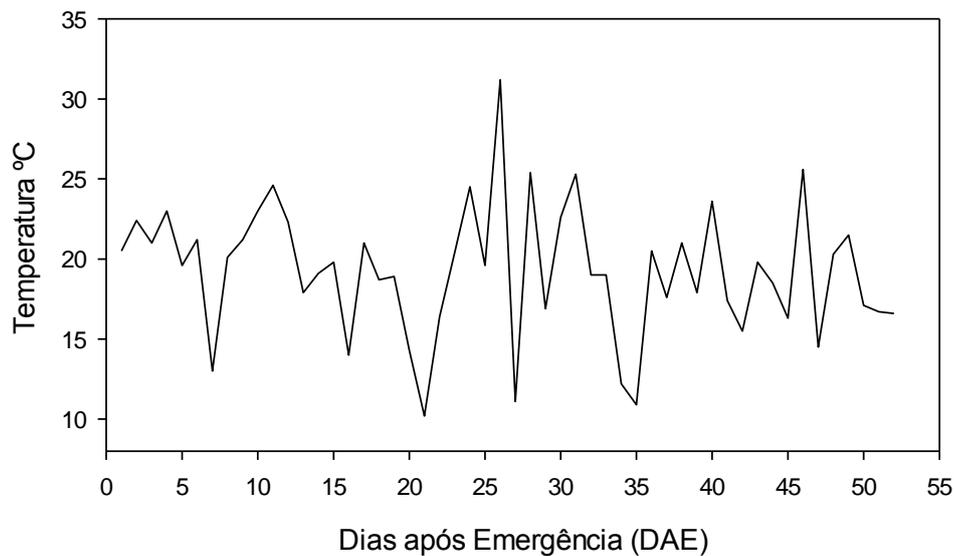
Devido o ciclo ocorrer na época de março/maio onde as temperaturas são mais amenas, ou seja, com temperaturas que variaram entre 10°C a 25°C, as irrigações apresentaram uma variação de tempo de aplicação.

O tratamento de menor tensão 30KPa recebeu a lâmina de água com mais frequência e em quantidades menores, ocorrendo irrigações na maior parte diárias, já o tratamento de 40KPa ocorreu em intervalos de um a dois dias, seguido do tratamento de 50KPa com irrigações semelhantes com intervalos chegando também a dois dias. Tensões mais baixas representam a necessidade mais frequente de água que a planta necessita além do mais a planta não fica sujeita ao déficit hídrico, pois a evapotranspiração da cultura torna-se mais contínua recebendo mais irrigações.

Os tratamentos de maiores tensões 60KPa e 70KPa, iniciaram a aplicação da lâmina num período mais tardio em aproximadamente cinco dias após os demais, pois suas respectivas tensões representam uma tensão mais crítica referente à necessidade da planta em receber a lâmina e, por consequência disto, sua evapotranspiração da cultura foi maior porém em quantidades menores e a planta tornou-se mais suscetível ao déficit hídrico.

Na Figura 10, variação da temperatura conforme ciclo da cultura.

### Variação da Temperatura



**Figura 10** - Variação da temperatura no interior do ambiente protegido conforme leituras diárias durante o ciclo da cultura.

Durante a condução do experimento, a temperatura interna do ambiente protegido passou por diversas oscilações apresentando valores com mínima 10,2°C e máxima de 35,5°C conforme decorrer do ciclo da cultura. Este fator temperatura pode contribuir de forma positiva ou negativa no desenvolvimento do feijoeiro, uma vez que, de acordo com Embrapa Rondônia (2008), a temperatura considerada ótima para seu desenvolvimento varia de 18° a 24°C durante o dia e para a noite temperaturas de 15° a 21°C.

Nota-se que estas médias de temperatura não permaneceram na faixa recomendada e que temperaturas menores que 12°C podem provocar abortamento de flores e maiores que 35°C no período de florescimento afetam no rendimento dos grãos.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos das seguintes variáveis analisadas: comprimento da vagem (CV), diâmetro da vagem (DV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), massa fresca de vagem por planta (MFVP), massa de grãos por vagem (MGV), massa fresca por tratamento (MFT) e massa seca por tratamento (MST).

**Tabela 2** - Resultados obtidos ao nível de 5% de probabilidade das tensões de água no solo na condução do feijão aos sessenta e dois dias após a emergência para os tratamentos T1: 30KPa, T2: 40KPa, T3: 50KPa, T4: 60KPa, T5: 70Kpa.

COMPONENTES DE RENDIMENTO								
Tratamentos	CV (cm)	DV (mm)	NVP	MFVP (g)	MGV (g)	NGV	MST (g)	MFT (g)
<b>30KPa</b>	10.950 a	10.033 a	4.750 ab	24.175 a	0.687 a	3.875 a	3.016 a	14.325 a
<b>40KPa</b>	10.000 a	9.462 a	5.500 a	21.200 a	0.500 ab	3.375 a	2.150 ab	11.650 ab
<b>50KPa</b>	9.925 a	10.017 a	4.750 ab	20.575 a	0.537 ab	2.875 ab	2.066 ab	12.500 a
<b>60KPa</b>	6.937 ab	6.890 ab	3.750 ab	13.800 ab	0.325 ab	1.750 ab	1.100 bc	6.275 bc
<b>70KPa</b>	2.462 b	2.295 b	0.500 b	1.900 b	0.100 b	0.750 b	0.000 c	0.625 c

\* Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CV – Comprimento de Vagem;

DV – Diâmetro de Vagem;

NVP – Número de Vagem por Planta;

MFVP – Massa Fresca de Vagem por Planta;

MGV – Massa de Grãos por Vagem;

NGV – Número de Grãos por Vagem;

MST – Massa Seca Total da Planta;

MFT – Massa Fresca Total da Planta.

Conforme Tabela 2, os resultados apresentam diferença estatisticamente significativa, para todas as variáveis analisadas.

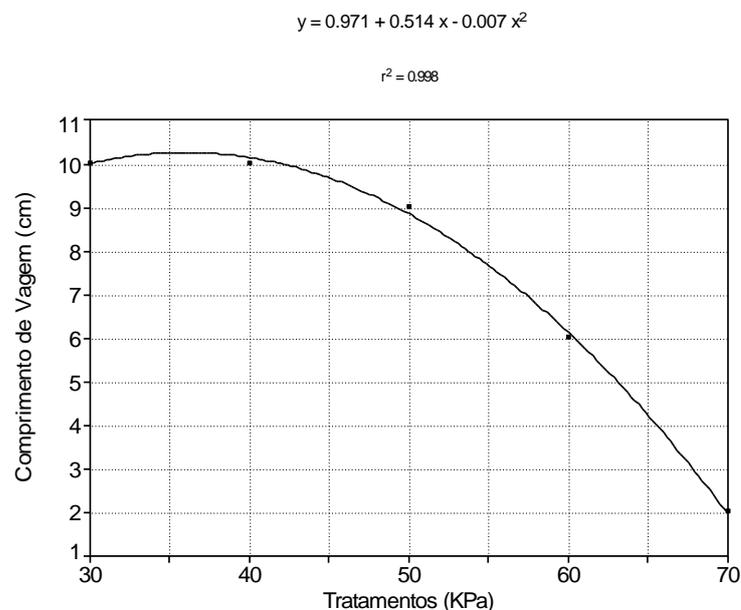
Na produção de vagens, os tratamentos T1-30KPa, T2-40KPa e T3-50KPa apresentam diferença dos demais, o que levou ambos produzir maiores quantidades de vagens comparado aos tratamentos T4-60KPa e T5-70KPa que tiveram uma diferença devido ao estresse hídrico, pois suas irrigações ocorriam em períodos que chegavam até sete dias sem receber a lâmina. Para Lima (1996) analisando o número de vagens por planta (NVP) no feijão caupi, observou que este fator é decorrente também do estresse hídrico. Isso mostra o quanto a planta necessita de água em períodos com mais frequência e que também a água é essencial para adquirir melhores resultados em termos de produtividade o que conseqüentemente irá interferir também no CV, DV e MFVP.

Nos resultados de grãos, Lima (1996) também relatou que a redução desta produção também pode ser decorrente do estresse hídrico. Nas análises NGV e MGV é visto a diferença significativa que houve entre os tratamentos, onde T4-60KPa e T5-70KPa obtiveram a menor produção. Karamanos *et al.* (1982), coloca, que a ocorrência de estresse hídrico, provoca não só limitação do crescimento e da superfície fotossintética, como também influencia na menor produção de número de flores, vagens por planta e de grãos por vagem. Brito *et al.* (2015) na

sua pesquisa comparando a produção de grãos com os diferentes tratamentos também obteve uma queda acentuada à medida que se elevava o potencial matricial.

Ainda, de acordo com a Tabela 2, observa-se que os resultados que mais foram significativos são representados pelas tensões de 30KPa seguidos de 40KPa e 50Kpa, onde a tensão de 40KPa apresenta uma produção final maior que as demais. Brito *et al*; (2015), também atingiu em seus resultados que a melhor tensão para o feijoeiro comum aplicou-se em 30Kpa. Figuerêdo *et al*. (2008) estudando tensões de água em solos argilosos em ambiente de Cerrado observou que os melhores resultados da produtividade referiram-se as irrigação realizadas com um potencial matricial de água em média de 37KPa seguidos de 40KPa, 50KPa, 60KPa e 70KPa.

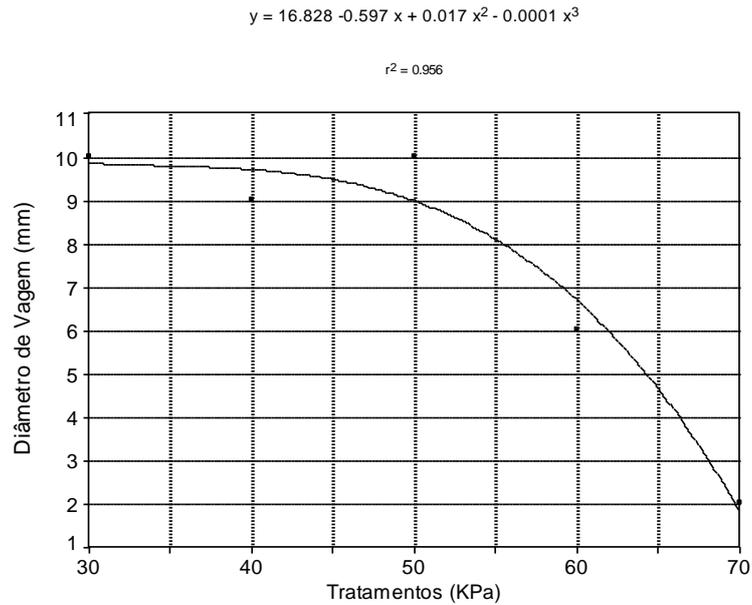
Na figura 11 é apresentado o comportamento da variável comprimento de vagem (mm) conforme os valores médios durante o ciclo da cultura referente a cada tensão.



**Figura 11** – Comportamento do comprimento de vagens (cm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

Observa-se, de acordo com a Figura 11, que o comprimento da vagem reduziu à medida que a tensão de água no solo aumentou. Uma equação de segundo grau foi ajustada aos dados analisados, com valor de  $R^2 = 0,998$ .

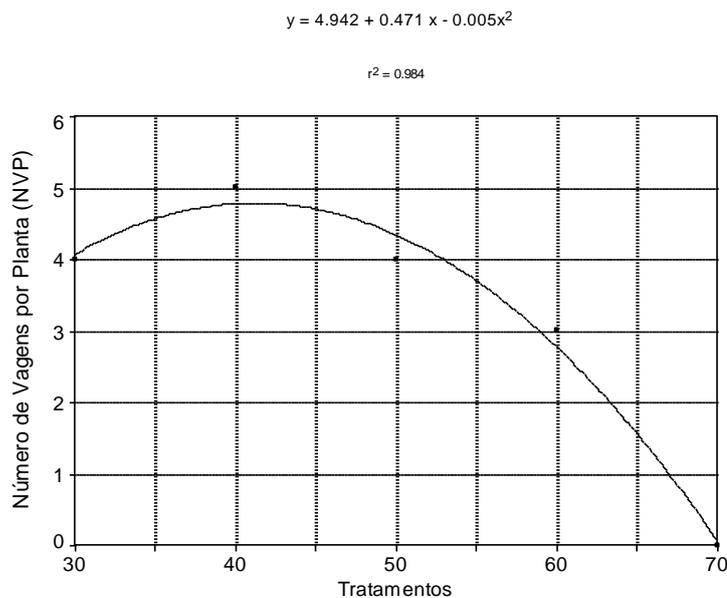
A Figura 12 mostra o comportamento do diâmetro de vagem (mm) conforme valores médios durante o ciclo da cultura referente a cada tensão.



**Figura 12** - Comportamento do diâmetro de vagem (mm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

De acordo com a Figura 12, nota-se que o diâmetro de vagem reduziu à medida que a tensão de água no solo aumentou e que o tratamento de 30KPa apresentou o melhor resultado diante da análise. Uma equação de terceiro grau foi ajustada aos dados analisados com valor de  $R^2 = 0,956$ .

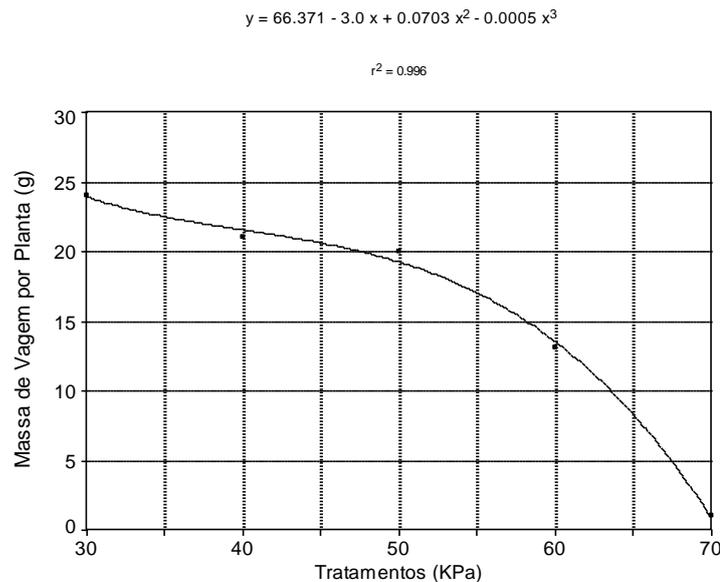
Na figura 13, está representado o comportamento do número de vagens por planta (NVP) conforme valores médios durante o ciclo da cultura referente a cada tensão.



**Figura 13** - Comportamento do número de vagens por planta (NVP) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

Observa-se na Figura 13, o comportamento da variável número de vagens por planta. Os valores se adequaram a uma equação de segundo grau com  $R^2 = 0,984$ . A produção de vagens teve um melhor resultado de acordo com a tensão de 40KPa, logo, conforme o aumento da tensão, a produtividade obteve um decréscimo conforme a tensão de água no solo aumentava para 50KPa, 60KPa e 70KPa.

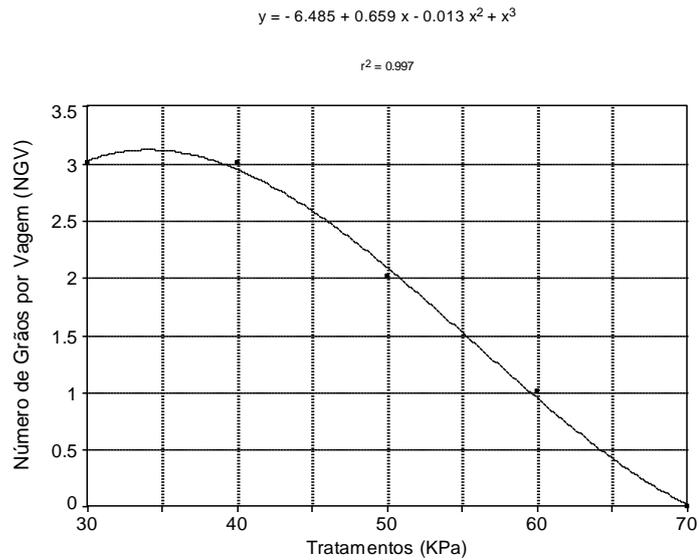
A seguir na Figura 14, está o comportamento da massa de grãos por vagem (g) conforme valores médios durante o ciclo da cultura.



**Figura 14** - Comportamento da massa de vagem por planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

De acordo com a variável analisada, a mesma foi ajustada a uma equação de terceiro grau, com o valor de  $R^2 = 0,996$ . Nota-se que o tratamento T1 de 30KPa obteve a maior produção da massa de vagem por planta (g) comparada as demais tensões, e que, conforme o aumento da tensão de água no solo a produtividade diminuiu.

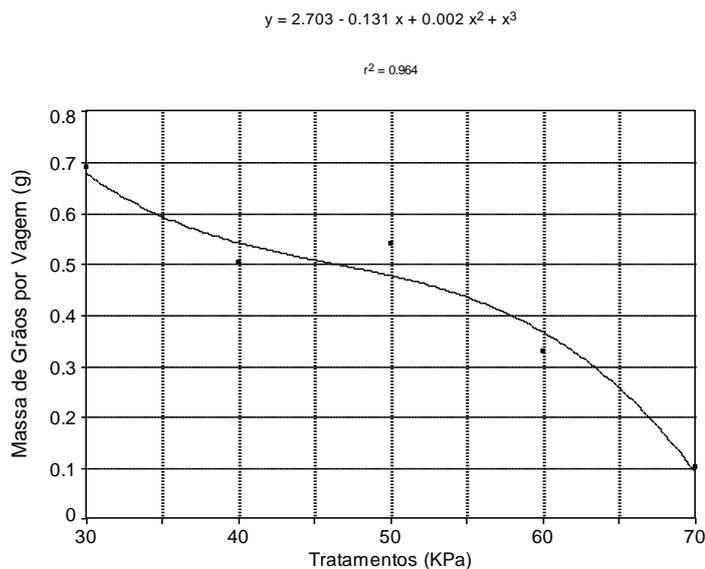
Na Figura 15, comportamento conforme a variável número de grãos por vagem de acordo com valores médios durante o ciclo da cultura.



**Figura 15** - Comportamento do número de grãos por vagem (NGV) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

A variável analisada foi adaptada a uma equação de terceiro grau com valor de  $R^2 = 0,997$ . Nota-se na figura que a tensão de 30KPa obteve o melhor resultado e que, conforme aumento da tensão de água no solo, a análise número de grãos por vagem teve um decréscimo bastante significativo.

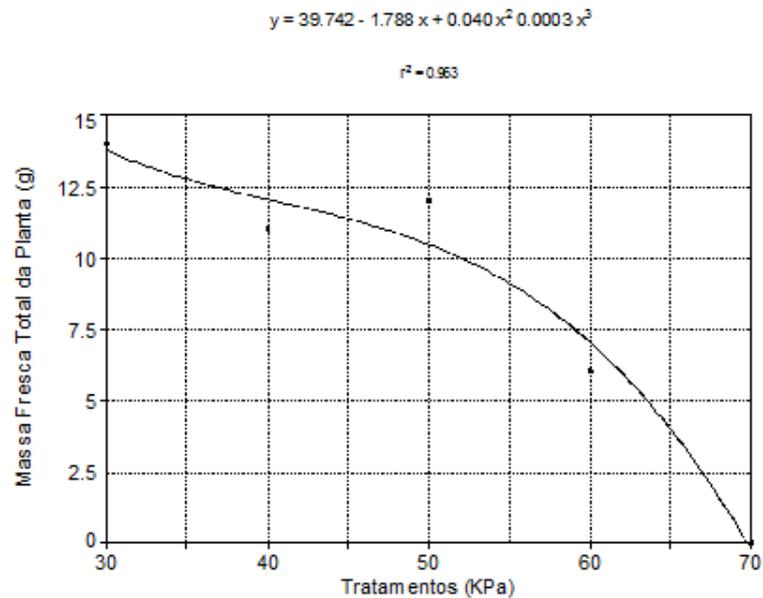
A Figura 16 mostra o comportamento da variável massa de grãos por vagem, com valores médios durante o período do ciclo da cultura.



**Figura 16** - Comportamento da massa de grãos por vagem (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

Na Figura 16, a variável massa de grãos por vagem foi adaptada a uma equação de terceiro grau com  $R^2 = 0,964$ . A maior produção é vista através do tratamento de 30KPa, e para demais tratamentos a produção teve um decréscimo conforme a tensão de água no solo aumentava.

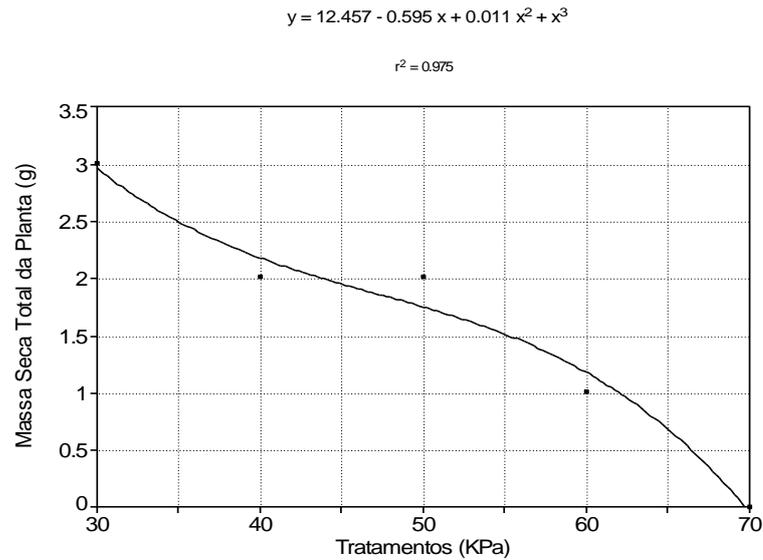
A Figura 17 apresenta valores médios da massa fresca total de planta (g) conforme o decorrer do ciclo da cultura.



**Figura 17** - Comportamento da massa fresca total da planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

É possível verificar na Figura 17 que o tratamento de 30KPa apresentou o melhor resultado para a análise massa fresca total de planta (g). Conforme o aumento da tensão de água no solo, os valores apresentaram um decréscimo. A análise foi adaptada a uma equação de terceiro sendo  $Y = 39,742 - 1,788 x + 0,040 x^2 - 0,0003 x^3$  e  $R^2 = 0,963$ .

Na Figura 18, valores médios durante o ciclo da cultura para a análise massa seca total de planta (g).



**Figura 18** - Comportamento da massa seca total da planta (g) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

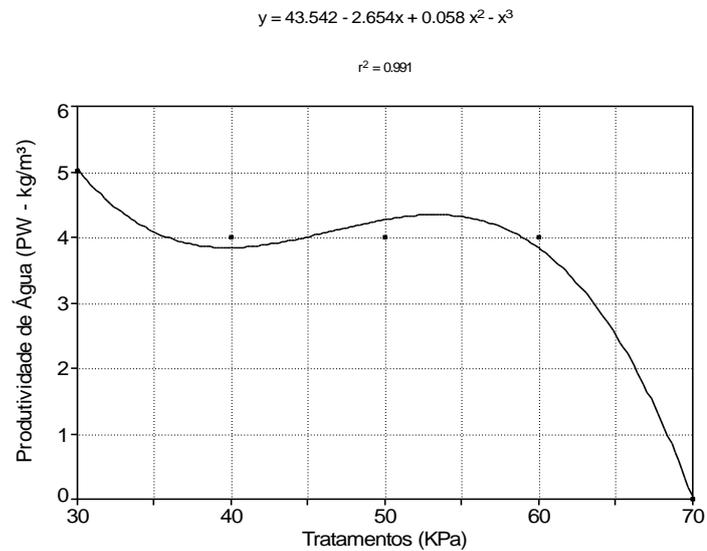
Nota-se que o tratamento T1 de 30KPa obteve os melhores resultados referente a massa seca total da planta (g), e que conforme a tensão de água no solo subia para os maiores tratamentos, a produção minimizava. Uma equação do terceiro grau  $Y = 12.457 - 0,595 x + 0,011 x^2 + x^2$  foi ajustada a variável, e  $R^2 = 0,975$ .

A Tabela 3 mostra a produção de vagens (kg/ha) seguida da produtividade de água (PW) (kg/m<sup>3</sup>).

**Tabela 3** - Produção de vagens (Kg/ha) e produtividade de água (Kg/m<sup>3</sup>) para as diferentes tensões de água no solo.

TRATAMENTO	Produção de vagens (kg/ha)	Produtividade de água (PW) (kg/m <sup>3</sup> )
<b>30KPa</b>	3.001,949 a	5.300 a
<b>40KPa</b>	2.612,0860 a	4.649 a
<b>50KPa</b>	2.612,086 a	4.669 a
<b>60KPa</b>	2.144,25 a	4.076 a
<b>70KPa</b>	311,89 b	0.620 b

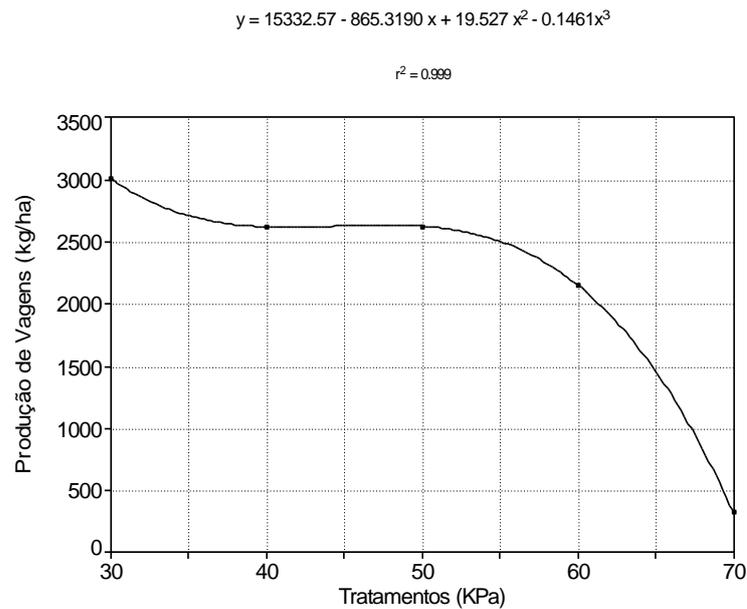
A Figura 19 mostra a Produtividade da Água (PW – Kg/m<sup>3</sup>) conforme as diferentes tensões de água no solo.



**Figura 19** - Produtividade de Água para as diferentes tensões de água no solo durante o ciclo da cultura do feijão-de-vagem. Alegrete, RS.

Conforme Figura 19, a produtividade de água (PW) foi ajustada a equação de terceiro grau com  $R^2 = 0,991$ . De acordo com o aumento da tensão de água no solo, a produtividade obteve um decréscimo, onde sua menor produtividade ocorreu no tratamento de 70KPa.

Na Figura 20, comportamento da produção de vagens (Kg/ha) para cada tensões de água no solo conforme valores médios durante o ciclo da cultura.



**Figura 20** - Comportamento da produção de vagem (Kg/ha) para as diferentes tensões de água no solo conforme o ciclo da cultura do feijão-de-vagem. Alegrete, RS.

Conforme a Figura 20, a produção de vagem foi ajustada a uma equação de terceiro grau  $Y = 15322.57 - 865.3190 x + 19.527 x^2 - 0.1461 x^2$  e  $R^2 = 0,999$ .

A curva ajustada para o parâmetro analisado evidenciou que a cultura atinge seu valor máximo quando a tensão de água no solo correspondeu aos 30 KPa. Vieira *et al.* (2013), ao analisar a produtividade do feijão com diferentes lâminas de irrigação viu que as lâminas de 40% e 70% causaram um déficit hídrico reduzindo o crescimento das plantas e consequentemente a produtividade da cultura e a quantidade de vagens e grãos por planta.

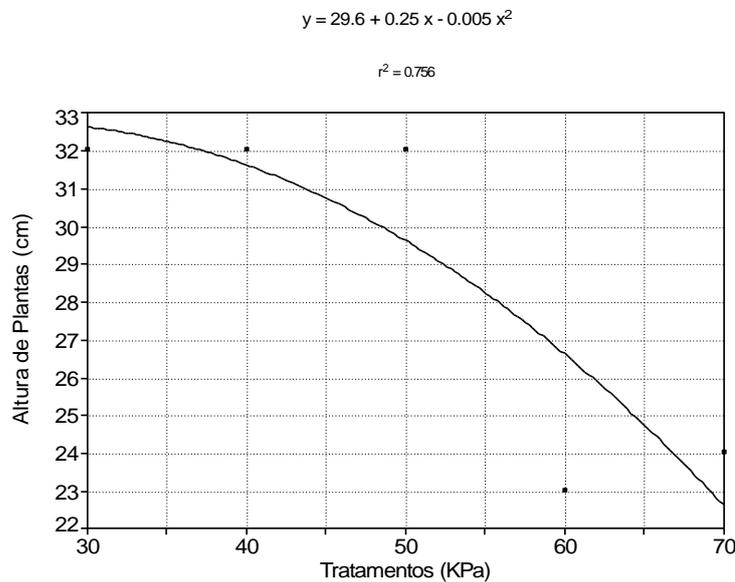
Comparando as tensões de água no solo, o déficit hídrico se assemelha a este caso, pois, devido os períodos em que a reposição da lâmina de água era realizada nas tensões de 60KPa e 70KPa com intervalos de até 7 dias sem receber a mesma, as plantas foram suscetíveis a um déficit hídrico, recebendo baixa reposição da lâmina e ocasionando na baixa produtividade comparado aos demais tratamentos. Nascimento *et al.* (2004) avaliando o efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e a produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes, verificou também que o número de vagens por planta foi influenciado pelas lâminas de água sendo mais afetado pelo déficit hídrico.

**Tabela 4** - Resultados obtidos através de Tukey para os fatores IAF, altura de planta e diâmetro de caule.

TRATAMENTO	ALTURA DE PLANTA	DIÂMETRO DO CAULE	IAF
30KPa	32.050 a	4.815 a	4.128 a
40KPa	32.975 a	4.815 a	3.825 ab
50KPa	32.300 a	4.925 a	3.596 ab
60KPa	23.725 a	3.360 a	2.328 b
70KPa	24.650 a	4.155 a	2.169 b

\*Médias na vertical seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

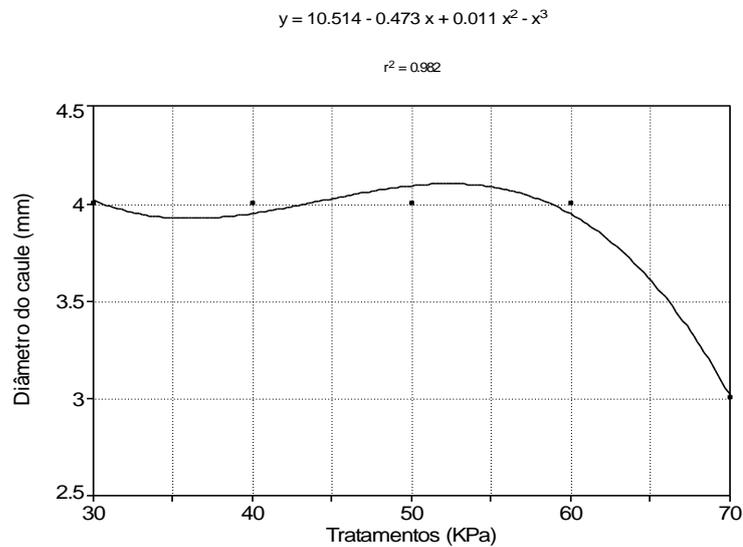
A Figura 21 mostra o comportamento da altura de plantas (cm) conforme valores médios durante o ciclo da cultura para cada tensão de água no solo.



**Figura 21** - Comportamento da altura de planta (cm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

Nota-se que variável altura de plantas (cm) sofreu um decréscimo conforme a tensão de água de solo aumento. Foi ajustada uma equação de segundo grau  $Y = 29,6 + 0,35 x - 0,005 x^2$  e  $R^2 = 0,756$ .

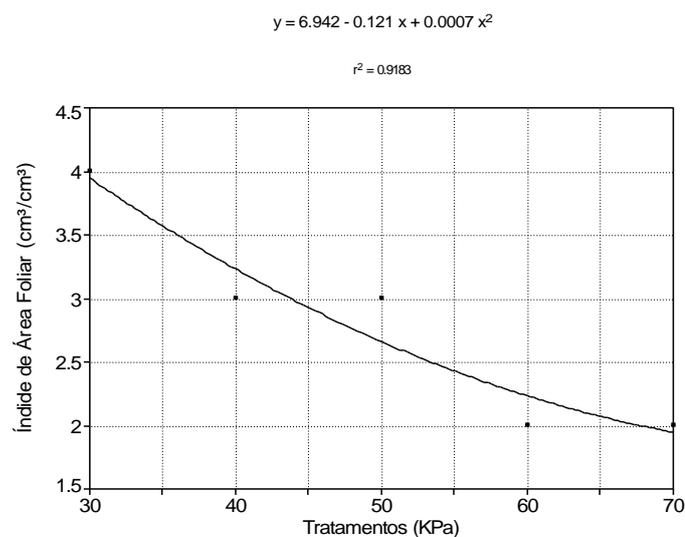
A Figura 22 apresenta o comportamento do diâmetro do caule (mm) conforme valores médios durante o ciclo da cultura.



**Figura 22** - Comportamento do diâmetro do caule (mm) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

A Figura 22 mostra que a tensão de 50KPa apresentou o melhor resultado para a análise do diâmetro do caule (mm) comparada as demais, e após com o aumento da tensão para 60KPa e 70KPa houve o decréscimo na produção. Foi ajustada à análise uma equação de terceiro grau e um  $R^2 = 0,982$ .

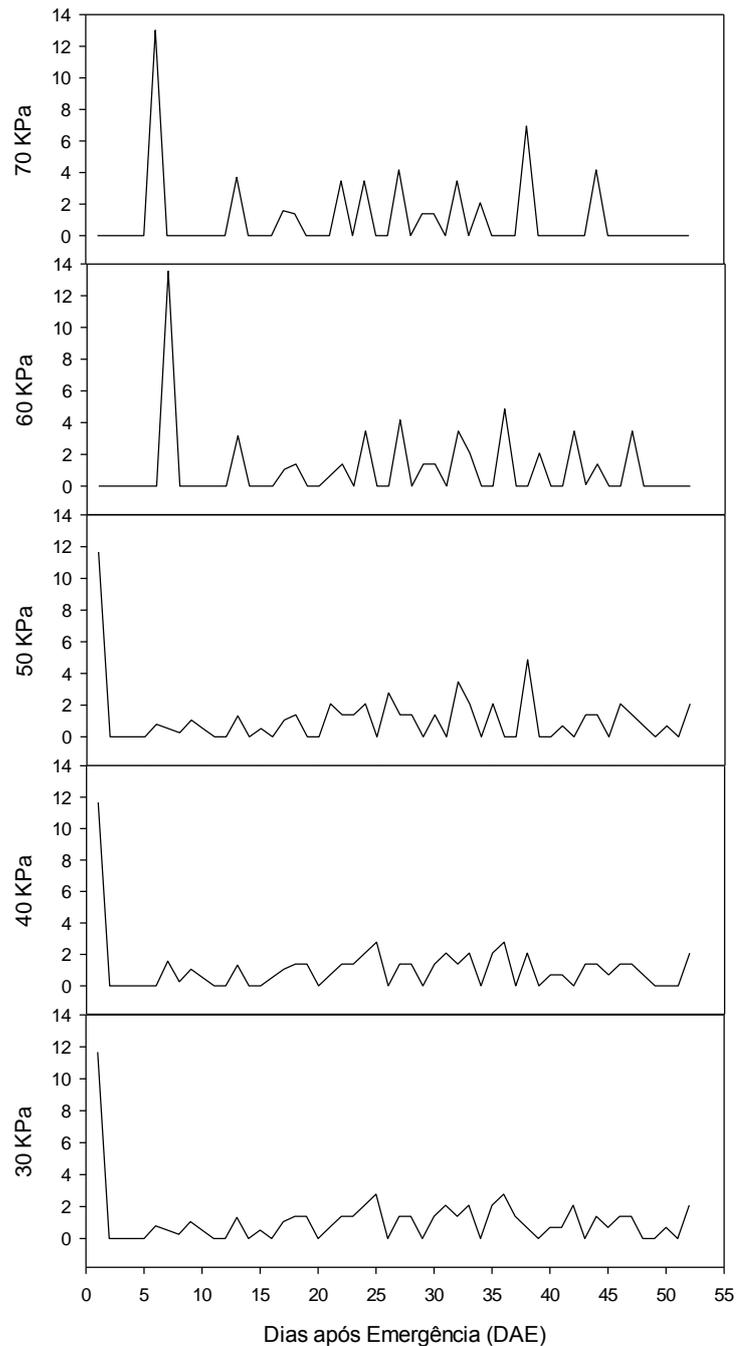
Na Figura 23, comportamento do índice de área foliar ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) conforme valores médios durante o ciclo da cultura para cada tensão de água no solo.



**Figura 23** - Comportamento do índice de área foliar ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) para as cinco tensões de água no solo. Alegrete, RS.

Nota-se que os resultados foram caindo gradativamente conforme a tensão de água no solo aumentava, mostrando que a lâmina aplicada com mais frequência devido às tensões mais baixas resultou numa melhor estrutura da planta. Foi ajustada uma equação de segundo grau  $Y = 0,942 - 0,121 x + 0,0007 x^2$  e  $R^2 = 0,018$ .

A seguir, na imagem 24, lâminas de água (mm) aplicadas em cada tratamento conforme tensões de água no solo eram atingidas (30KPa, 40KPa, 50KPa, 60KPa e 70KPa).



**Figura 24** - Lâminas de água (mm) aplicadas dias após a emergência conforme somatório da última irrigação realizada no tratamento.

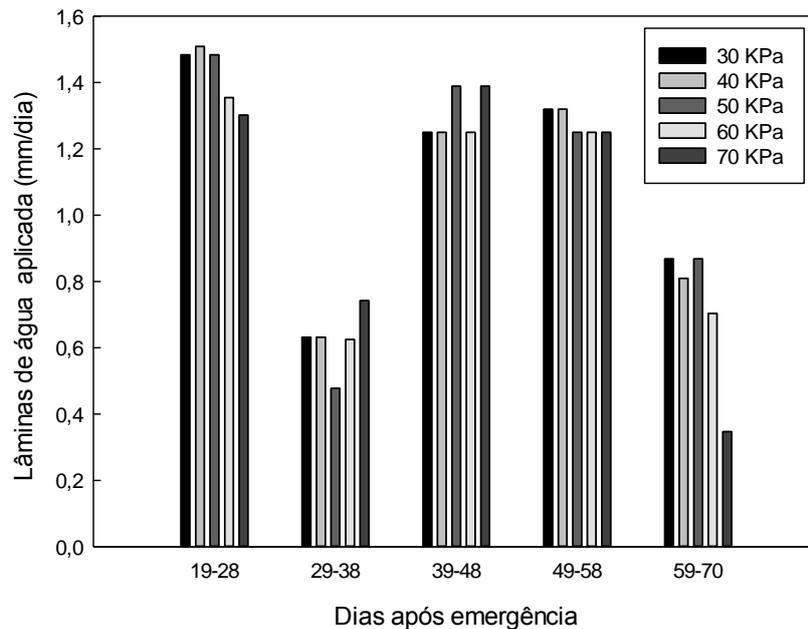
As irrigações como mostram na Figura 24, variaram conforme as tensões de referência eram atingidas. Nos tratamentos de menores tensões (30KPa, 40KPa e 50KPa), é possível observar a frequência em que as lâminas de água eram aplicadas. Estes tratamentos recebiam a reposição da lâmina de água em intervalos de curto período e quantidades menores comparado as tensões maiores de 60KPa e 70KPa que os intervalos ocorriam com cerca de sete dias e em quantidade maiores. A lâmina repostada baseou-se de acordo com a última irrigação realizada no tratamento com o somatório da evapotranspiração da cultura (ETc) diária até o próximo dia em que uma nova irrigação era realizada para cada tratamento. Em consequência disto os tratamentos de 60KPa e 70KPa ficaram mais suscetíveis ao déficit hídrico apresentando não só um número de irrigações menores como também períodos prolongados que auxiliaram ao final do ciclo na baixa produtividade.

Também, devido os tratamentos de 60KPa e 70KPa não receberem demanda hídrica em períodos mais suscetíveis (florescimento e formação de vagens), ocorreu no decorrer do experimento a perda de algumas plantas. Estes tratamentos demoravam mais até atingirem suas tensões ficando cerca de até sete dias sem receber a lâmina de água devido à alta tensão que lhes representavam. Como Diniz (2006) relata, a cultura do feijoeiro necessita de no mínimo 300 mm de água em todo seu ciclo e este período de florescimento e aparecimento de vagens é mais suscetível à necessidade hídrica.

Os resultados referentes às fases fenológicas (vegetativa e reprodutiva), em ambos os tratamentos não ocorreu diferença. A germinação aconteceu aos 8 dias após a semeadura (DAS) para ambos os tratamentos 30KPa, 40KPa, 50KPa, 60KPa e 70KPa. O estágio V2 (abertura da primeira folha trifoliolada) deu-se aos 21 dias após a semeadura; o início da floração aos 33 dias após a semeadura e início da formação de vagens aos 40 dias após a semeadura.

As temperaturas oscilaram durante o ciclo da cultura, porém, submetido a sua condição climática, ou seja, recebendo a mesma radiação solar, luminosidade, temperatura, e etc, uma vez que, são os principais fatores que interferem neste tipo de análise, e a temperatura (Brito *et al*; 2015) sendo a responsável pelo desenvolvimento do feijoeiro, vieram a contribuir para que nos cinco tratamentos suas fases fenológicas coincidisse

A Figura 25 apresenta a aplicação das lâminas de água (mm/dia) durante a condução do experimento conforme a evapotranspiração da cultura nos seus dias irrigados.



**Figura 25** - Aplicação das lâminas de água (mm/dia) no ciclo da cultura do feijão de vagem conforme os dias após emergência (DAE).

Nos tratamentos de 30KPa, 40KPa e 50KPa conforme os dez primeiros dias de irrigações (19 - 28 DAE) a demanda hídrica aplicada foi maior, recebendo lâminas mais altas e em períodos com intervalos menores. Estes tratamentos ao longo do ciclo recebiam na maioria das vezes lâminas mais frequentes em consequência da baixa tensão de água no solo. Esta reposição da demanda hídrica contribuiu para que o crescimento e produção das tensões menores fossem ao final do ciclo maiores comparado aos demais.

Também, decorrer do ciclo da cultura, as lâminas aplicadas variaram em função do aumento das tensões de água no solo. As tensões maiores representadas por 60KPa e 70KPa receberam lâminas maiores em alguns casos (29 – 38 DAE) devido ao somatória da evapotranspiração da cultura (ETc) dos dias não irrigados em função do intervalo maior da reposição da lâmina. Estes intervalos de tempo maiores contribuíram para que as plantas fossem sujeitas a um déficit hídrico seguido da baixa produtividade.

## 6. CONCLUSÃO

Conforme a metodologia aplicada durante a execução do experimento pode-se concluir que: para a produção de vagens (Kg/ha) o tratamento na qual obteve a melhor produção corresponde ao tratamento T1 - 30KPa.

A tensão recomendada para a região de Alegrete – RS na condução da cultura do feijão de vagem cultivado em ambiente protegido é representada pelo tratamento T1 de 30KPa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 528p.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e Manejo de Irrigação - 1ª ed.** Brasília – DF. 2007.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação 8ª ed.** Editora UFV, MG, Brasil, p.625, 2009.

BÖHMER, C. R. K; MAUCH, C. R; ASSIS, S, V; RIBEIRO, D. S. **Determinação do Coeficiente de Cultura do Feijão-Vagem (*Phaseolus Vulgaris* L.) Sob Adubação Orgânica em Ambiente Protegido**. 2007. Pelotas – RS / Brasil.

BÖHEMER, C. R. K. **Caracterização do Microclima de Ambiente Protegido Cultivado com Feijão-Vagem**. 2008. 113 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar). Universidade Federal de Pelotas - Pelotas 2008.

BRITO, R. R; *et al.* **Produtividade do Feijoeiro Sob Diferentes Potenciais Matriciais e Fatores de Depleção da Água no Solo**. V. 03, n. 02, p. 109-114, abr./jun. 2015.

BRITO, W. C. **Casa de Vegetação - Orientações Gerais para Projeto de Construção**. 2008. 27 f. (Trabalho Avaliativo para a Disciplina de Construções Agrícolas). Cametá - PA. 2008.

REVISTA CAMPO E NEGÓCIOS. Produção de Feijão Vagem no Brasil. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/producao-de-feijao-vagem-no-brasil/>>. Acesso em: 10 de março de 2016.

COMO PLANTAR VAGEM. Disponível em: <<http://casa.umcomo.com.br/articulo/como-plantar-vagem-5265.html>>. Acesso e: 14 de abril de 2016.

CULTIVO ORGÂNICO. Cultivo Orgânico de Feijão-de-Vagem. Disponível em: <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com.br/2011/09/cultivo-organico-do-feijao-de-vagem.html>>. Acesso em: 12 de abril de 2016.

DINIZ, B. L. N. **Cultura do feijão Comum (*Phaseolus Vulgaris L.*)**. 2006. Estágio à Docência (Disciplina Grandes Culturas II). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza- CE. 2006.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo - 2ª ed.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 22 f.

FARIA, M. T. **Produtividade da Cultura do Feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) Irrigada por Aspersão Convencional com Diferentes Métodos de Estimativa de Lâmina de Irrigação**. 2012. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal – SP). 2012.

FEIJÃO VAGEM. Disponível em: <<http://feijovagem.blogspot.com.br/2011/02/feijao-vagem-descricao.html>>. Acesso em: 10 de março de 2016.

FERREIRA, V. M. **Irrigação e Drenagem**. Florianópolis, PI. 2011. 126 p.

KARAMANOS, A. J. et al. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba*, L.) in the field: water potentials and lamina expansion. **Annals of Botany**, London, v. 49, n. 6, p. 815-826, jun. 1982.

LIMA, G. P. B. Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CNPAMN/Embrapa, 1996. p. 41-43.

LOCATELLI, V. E. R. *et al.* **Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEEA/UFPA. v.18, n.6, p.574–580, 2014.

MAROUELLI, W. A; OLIVEIRA, A. S; COELHO, E. F; NOGUEIRA, L. C; SOUSA, V. F. **Manejo da Água de Irrigação.** Cap. 5, p.159 – 224.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças.** Circular Técnica 57. 15 f. Brasília – DF. 2008.

OLIVEIRA, O. S; FACCIOLI, G. G; RIBEIRO, T. A. O. **Manejo Básico da Irrigação da Produção de Hortaliças.** LK Editora e Comunicação. Brasília (DF). p. 156, 2006.

PARIZI, A. R. C. **Efeito de Diferentes Estratégias de Irrigação Sob as Culturas de Feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) e Milho (*Zea mays L.*) na Região de Santiago, RS.** 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Água e Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2007.

PEREIRA, J. B. A. **Manual Prático de Irrigação.** EMATER - RIO. Rio de Janeiro. 30 p.

PEREIRA, V. G. C; *et al.* **Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris L.*).** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, p. 32-42, 2014.

RAMOS, H. M. M; BASTOS, E. A; CARDOSO, M. J; RIBEIRO, V. Q; NASCIMENTO, F. N. **Produtividade de Grãos Verdes do Feijão-Caupi Sob Diferentes Regimes Hídricos.** Jaboticabal, 2014.

REVISTA NATURAL. Feijão - Lavoura – Vamos Plantar. Disponível em: <[http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2007/Artigos/rev109\\_feijao.htm](http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2007/Artigos/rev109_feijao.htm)>. Acesso em: 11 de abril de 2016.

RURAL NEWS. A Vagem e Sua Cultura. Disponível em: <<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=97>>. Acesso em: 18 de março de 2016.

SILVA, M. M. **Medidas do Potencial da Água no Solo – Métodos Instrumentais de Análise Física do Ambiente.** Piracicaba, 2005.

STICKLER, F.C; WERDEN, S.; PAULI, A.W; Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, v 53, p.197-188, 1961.

TORMENA, C. A; SILVA, A. P; GONÇALVEZ, A. C. A; FOLEGATTI, M. V. **Intervalo Ótimo de Potencial da Água No Solo: Um Conceito Para Avaliação da Qualidade Física do Solo E Manejo Da Água Na Agricultura Irrigada**. Revista. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, Campina Grande - PB, v.3, n.3, p.286-292, 1999.

TORRES, J. L. R. **Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo**. Biosci. J., Uberlândia, v. 29, n. 4, p.833-841, July/Aug. 2013.

VIEIRA, C; JÚNIOR, T. J. P; BORÉM, A. **Feijão 2ª ed**. Editora UFV, MG, Brasil, p.600, 2011.