

## ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ALTERNATIVA DE IRRIGAÇÃO EM DUAS CULTIVARES DE FEIJÃO

MARA RUBIA MENDES DE MELO<sup>1</sup>; FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA<sup>2</sup>; RENATA DA SILVA CUBA DE CARVALHO<sup>3</sup>; HÉLIO GRASSI FILHO<sup>4</sup> E ANTONIO EVALDO KLAR<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal. Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rua José Barbosa de Barros, 1780. CEP: 18.610-307, Botucatu-SP - Brasil. E-mail: mara\_mendesmelo@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, fran.engagricola@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutora, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil, renatacuba@hotmail.com.

<sup>4</sup> Professor Titular do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil, helio.grassi@unesp.br.

<sup>5</sup> Professor Emérito do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Avenida Universitária, 3780, CEP 18610-034, Altos do Paraíso, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: a.klar@unesp.br.

### 1 RESUMO

O objetivo foi estudar o efeito do déficit hídrico em duas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água de reúso, utilizando esquema fatorial 2x2x3. Foram avaliados três fatores: 1) a utilização de dois tipos de água para irrigação -potável (P) e residuária (R), 2) duas cultivares de feijão (IAC imperador (C1) e TAA Dama (C2)) e 3) os regimes hídricos empregados, sendo a) Testemunha: mantendo-se o solo na capacidade de campo, cujo valor foi -10kPa, b) Estresse 1: com deficiência hídrica na fase vegetativa; c) Estresse 2: deficiência hídrica na fase reprodutiva. Foram feitas avaliações de crescimento e de biomassa. Ocorreu interação tripla dos fatores somente para a variável altura de plantas. Os três fatores separadamente interferiram no desenvolvimento do feijoeiro, principalmente no fim do ciclo. O estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva influenciou em praticamente todas as avaliações realizadas, interferindo de forma negativa no desenvolvimento da cultura. Para as cultivares, também ocorreram diferenças nos caracteres de crescimento e de biomassa vegetal. Quanto ao fator água, houve efeito nos parâmetros altura e massa da matéria seca, sendo que a água potável proporcionou valores maiores que a água residuária.

**Palavras chaves:** Água de reúso, irrigação, deficiência hídrica, *Phaseolus vulgaris* L..

MELO, M. R. M.; SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; GRASSI FILHO, H.; KLAR, A. E.

WASTE WATER AS IRRIGATION ALTERNATIVE IN TWO BEAN CULTIVARS

## 2 ABSTRACT

The objective was to study the effect of water deficit in two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.), in the vegetative and reproductive phases, associated with the use of reuse water, using a 2x2x3 factorial scheme. Three factors were evaluated: 1) the use of two types of water for irrigation -potable (P) and waste (R), 2) two bean cultivars (emperor IAC (C1) and Dama TAA (C2)) and 3) the water regimes employed, a) Control: keeping the soil in the field capacity, whose value was -10kPa, b) Stress 1: with water deficiency in the vegetative phase; c) Stress 2: water deficiency in the reproductive phase. Growth and biomass evaluations were made. Triple interaction of the factors occurred only for the variable plant height. The three factors separately interfered with the development of common bean, especially at the end of the cycle. Water stress in the vegetative and reproductive phases influenced practically all evaluations, interfering negatively with the development of the crop. For the cultivars, there were also differences in growth and plant biomass traits. Regarding the water factor, there was an effect on the parameters height and mass of dry matter, and the drinking water provided values higher than those obtained with wastewater.

**Keywords:** Reuse water, irrigation, water deficit, *Phaseolus vulgaris* L..

## 3 INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola está sujeita a restrições ambientais na forma de estresses abióticos, que ocasionam diminuição da produtividade e dos rendimentos médios superiores a 50% (WU *et al.*, 2013). A escassez hídrica impõe estresses abióticos, que são os fatores mais importantes na limitação da capacidade produtiva da planta, sendo o suprimento artificial de água, via irrigação, importante instrumento para amenizar os impactos das oscilações climáticas sobre a produção agrícola (AMUDHA; BALASUBRAMANI, 2011).

Bernardo; Soares e Mantovani, (2006) descreveram que a planta consegue expressar melhor o seu potencial produtivo, além de balancear a questão ambiental, envolvendo a sustentabilidade, quando a irrigação é devidamente manejada. O uso de água residuária, no meio agrícola, recebeu maior atenção nos últimos anos, por ser uma opção viável (YIN; PATEL, 2018). “Na busca por fontes alternativas de água para a agricultura torna o uso de efluentes de esgotos tratados na agricultura

uma estratégia importante para atingir a sustentabilidade” (CUBA *et al.*, 2015). O reúso da água na agricultura é extremamente importante para a gestão dos recursos hídricos na atualidade (BERTONCINI, 2008).

De acordo com Sales e Sánchez-Román (2019) com a ampliação das áreas irrigadas e a escassez hídrica em algumas regiões, o emprego de águas residuárias na agricultura, passou a ser uma excelente opção de fonte de água e nutrientes (PLETSCH, 2012).

A irrigação se confirma como uma ferramenta para promover o aumento de produtividade, pois, no cultivo, a disponibilidade de água no solo para as plantas é fator preponderante para que estas possam alcançar elevada produção (ÁVILA *et al.*, 2010). A mesma em meio as várias tecnologias é capaz de aumentar os índices de produtividade desta leguminosa (MURGA-ORRILLO *et al.*, 2009). A procura pela economia de água e a obtenção de produção satisfatória das culturas, é um desafio para a ciência, que pode ser amenizado por meio de práticas como a

reutilização de água residuária em cultivos como o de feijão (CUNHA *et al.*, 2015).

Um dos fatores mais limitantes para o crescimento do feijoeiro é a falta de água durante os seus estádios de crescimento, vegetativo e reprodutivo (BOUTRAA; SANDERS, 2001), que influencia diretamente e negativamente a produtividade da cultura, ocasionando perdas significativas para o produtor. Tendo em vista todos os pontos mencionados, relacionados às perdas com o déficit hídrico na cultura do feijoeiro e a irrigação com a água residuária como alternativa viável para a agricultura, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito do déficit hídrico aplicado em duas cultivares de feijão, nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água residuária.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, em casa de vegetação instalada no Departamento de Engenharia Rural, pertencente à FCA/UNESP, câmpus de Botucatu (SP), que se encontra a aproximadamente 765 m de altitude, com as coordenadas geográficas

22°51'05.94" de latitude sul e 48°25'46.85" de longitude oeste.

O clima da região é temperado quente (mesotérmico) úmido, com deficiências hídricas nos meses de abril, julho e agosto, e o período chuvoso se concentra nos meses de primavera-verão, apresentando índices relativamente elevados (precipitação média anual de 1428 mm). A temperatura média anual é de 20,5°C, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA; MARTINS, 2009).

O experimento foi conduzido de junho a dezembro de 2016. Foi utilizado para o experimento solo de textura média e classificado como latossolo vermelho distrófico de textura arenosa (SILVA; WANDER, 2013). A porção de solo coletada para montagem do experimento foi seca ao ar e passada em peneira de 4 mm para a caracterização físico-química (Tabela 1). Após o resultado da análise do solo, calculou-se a necessidade de calcário dolomítico para elevar o V% a 70% conforme a recomendação de IAC (RAIJ *et al.*, 1996). A adubação foi realizada de acordo com as necessidades da cultura do feijoeiro conforme a recomendação de adubação de IAC (RAIJ *et al.*, 1996).

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado para o cultivo.

pH	M.O.	P resina	Na	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl <sup>2</sup>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmolc/dm <sup>3</sup>						%	
3,69	29	5	0,22	70	0,46	2,60	0,93	3,99	74	5,4
B	Cu		Fe		Mn		Zn			
0,24	1,2		59,6		1,83		0,50			
Areia			Silte			Argila			Textura do Solo	
652			57			291			Média	

**Fonte:** Laboratório de física de solo e Laboratório de fertilidade do solo, FCA, UNESP.

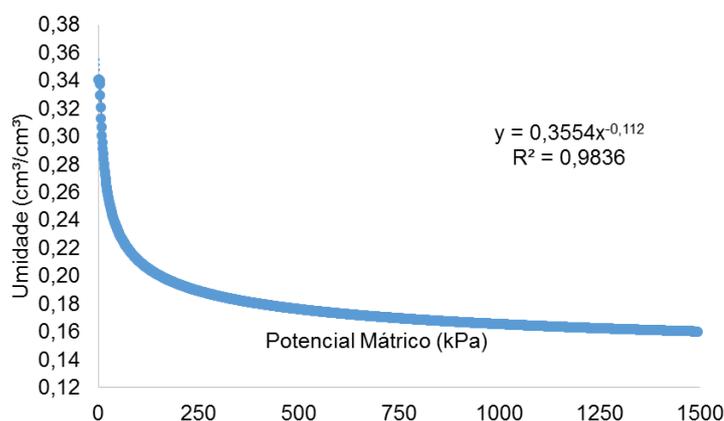
A curva de retenção de água no solo. Utilizando-se o método da câmara de

pressão de Richards, foi determinado o conteúdo de água no solo para os pontos

(Figura 1 e Tabela 2). Os pontos foram modelados no software SWRC versão 3.0 de Dourado Neto et al. (1995) para gerar os parâmetros de  $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $\theta_r$  e  $\theta_s$  (Tabela 3).

Depois, para ajuste da curva de retenção aplicou-se o modelo proposto por Van Genuchten (1980).

**Figura 1.** Curva de retenção de água do solo.



**Tabela 2.** Conteúdo de água no solo para os pontos.

	Tensão (KPa)								Densidade do solo (kg/dm <sup>3</sup> )
	Saturado	10	30	50	100	300	500	1500	
%	40,00	34,0	33,0	30,0	25,0	21,0	18,0	16,0	1,51

**Fonte:** Laboratório de física de solo e Laboratório de fertilidade do solo, FCA, UNESP.

**Tabela 3.** Parâmetros do modelo de Van Genuchten para camada 0 a 0,20 m de solo.

Camada (m)	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\alpha$ (cm <sup>-1</sup> )	M	n
0 - 0,20	0,117	0,34	0,1955	0,02388	12,2212

Foram utilizadas duas cultivares de feijão carioca, sendo uma de ciclo precoce IAC Imperador e uma de ciclo normal TAA Dama. A semeadura foi realizada em vasos plásticos contendo 14,5 kg de solo. Foram semeadas dez sementes por vasos, para garantir o número de plantas desejado, foram mantidas, até o momento do aparecimento da primeira folha trifoliolada (V3), manteve-se quatro plantas por vaso. Retirou-se plantas durante o experimento para as avaliações de massa de matéria seca e fresca, no final do experimento restaram apenas duas plantas por vaso para as avaliações finais.

O fornecimento de água às plantas foi realizado via irrigação localizada por gotejamento, através de dois sistemas independentes. O sistema foi composto por duas caixas de água com capacidade de armazenamento de 500 litros, dois conjuntos de motor-bomba, duas linhas principais, com três linhas laterais, com 12 gotejadores autocompensados com fluxo de 2 L h<sup>-1</sup>.

O manejo de irrigação adotado visou manter o teor de água no solo em capacidade de campo (CC). Foram instalados 3 tensiômetros por tratamentos, a 0,15 m de profundidade, a lâmina a ser aplicada em ml era determinada. As plantas

dos tratamentos estressados, durante as fases de desenvolvimentos vegetativo (V2) e reprodutivo (R5), foram submetidas a dois ciclos de deficiência hídrica, através da interrupção da irrigação quando os potenciais de água atingiram entre -35kPa a -45kPa. Nesse momento, o solo foi irrigado até atingir a capacidade de campo, tendo início, a partir daí um novo ciclo de deficiência hídrica com a interrupção da irrigação. Em todos os tratamentos a irrigação foi suspensa quando 50% das vagens estavam amareladas, para garantir a colheita.

A água potável foi proveniente da rede de abastecimento público de água do município de Botucatu/SP, operada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) Tabela 4.

A água residuária foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP, na saída da estação, localizada na Fazenda Experimental Lageado - FCA/UNESP – Botucatu/SP. Os parâmetros físico-químicos foram avaliados na água residuária. A metodologia analítica utilizada em todas essas análises foi de acordo com os métodos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os resultados das análises encontram-se na Tabela 5. Foram realizadas análises microbiológicas da água após a chegada ao reservatório principal. A técnica utilizada

para essa análise, a dos Tubos Múltiplos, de acordo com a portaria do Ministério da Saúde, N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011. A análise microbiológica da água residuária apresentou ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100 ml de água.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x3. O primeiro fator foram dois tipos de água para irrigação, potável (P) e residuária (R), o segundo duas cultivares de feijão, sendo, uma de ciclo precoce IAC imperador (C1) e outra de ciclo normal TAA Dama (C2), e o terceiro foram os regimes hídricos empregados: a) Testemunha: onde as plantas foram irrigadas diariamente, durante todo o ciclo, mantendo-se o solo na capacidade de campo, cujo valor foi -10kPa, correspondente ao teor de água no solo, obtido da curva de retenção de água no solo; b) Estresse 1: com deficiência hídrica na fase vegetativa; e c) Estresse 2: deficiência hídrica na fase reprodutiva, perfazendo um total de doze tratamentos com seis repetições. Neste caso, cada repetição e/ou unidade experimental foi representada por um vaso, totalizando setenta e duas unidades experimentais. A distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais seguiu o princípio da aleatorização.

**Tabela 4.** Resultados da caracterização da água potável utilizada no experimento.

N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	C.E.
----- mg/L -----													
3	0	14	15	2	0	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,82	0,043

**Fonte:** Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas FCA, UNESP.

**Tabela 5.** Resultados da caracterização físico-química da água de reúso utilizada.

Unidades	Parâmetros	Resultado
NTU	Turbidez	1,33
mg L <sup>-1</sup>	Sólidos totais	173
-	pH	7,47
mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	Dureza total	56
mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	Dureza cálcica	42
mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	Dureza de magnésio	11,76
mg L <sup>-1</sup> C	Cloreto	64,67
mg L <sup>-1</sup>	Sulfato	<0,001
mg L <sup>-1</sup>	Fluoreto	0,008
uS/cm	Condutividade Elétrica	634,6
mg L <sup>-1</sup> P	Fósforo total	15,03
mg L <sup>-1</sup>	Nitrato	0,083
mg L <sup>-1</sup>	Nitrito	0,312
mg L <sup>-1</sup>	Demanda química de oxigênio	251,5
mg L <sup>-1</sup>	Demanda bioquímica de oxigênio	2,33
mg L	Oxigênio dissolvido	2,51
mg L <sup>-1</sup>	Nitrogênio	17
mg L <sup>-1</sup>	Fósforo	6
mg L <sup>-1</sup>	Potássio	20
mg L <sup>-1</sup>	Cálcio	15
mg L <sup>-1</sup>	Magnésio	3
mg L <sup>-1</sup>	Enxofre	10
mg L <sup>-1</sup>	Sódio	47,10
mg L <sup>-1</sup>	Boro	0,37
mg L <sup>-1</sup>	Cobre	0,00
mg L <sup>-1</sup>	Ferro	0,36
mg L <sup>-1</sup>	Manganês	0,18
mg L <sup>-1</sup>	Zinco	0,02

**Fonte:** Departamento de Química e Bioquímica Instituto de Biociências – UNESP – Botucatu

DQO=Demanda Química de Oxigênio

DBO= Demanda Bioquímica de Oxigênio

OD= Oxigênio Dissolvido

Foram feitas avaliações de crescimento e de biomassa: Para avaliação de crescimento, foram utilizadas 6 plantas por tratamento, sendo uma planta por repetição, e foram avaliadas nos dias 10, 25, 40, 55 e 70 dias após a germinação (DAG). Já para a biomassa foram utilizadas 3 plantas por tratamento. E foram avaliadas nos dias 10, 40 e 70 DAG.

As plantas foram medidas com auxílio de uma fita métrica graduada em cm, a partir do nível do solo até o ápice da planta. O diâmetro do caule foi medido à um centímetro do nível do solo no colo da

planta com auxílio de um paquímetro digital (mm).

Para cada avaliação de biomassa vegetal foram verificadas a massa da matéria fresca (MMF) e massa da matéria seca (MMS) total expressa em g planta<sup>-1</sup>. A MMF determinou-se assim que a planta foi coletada; já para MMS as plantas foram mantidas em sacos de papel e em seguida levadas para a estufa com circulação de ar forçado à 50°C ± 5 até atingirem o peso constante.

Para comparar e interpretar os resultados, os dados foram submetidos à

análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística ( $p \leq 0,01$ ) para a variável altura das plantas, na primeira avaliação 10 DAG, somente para o fator cultivar. Na segunda avaliação 25 DAG observou-se diferença ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores cultivar e estresse hídrico. Já na terceira avaliação 40 DAG, essa diferença foi observada somente com o estresse hídrico ( $p \leq 0,05$ ). Na quarta 55 DAG e quinta avaliação 70 DAG essa diferença estatística ( $p \leq 0,01$ ) ocorreu nos três fatores envolvidos. Houve ainda interação ( $p \leq 0,01$ ) entre os fatores Ax C e Ax E, e uma interação tripla Ax C x E ( $p \leq 0,01$ ) entre os três fatores estudados para a última avaliação.

Para o diâmetro do caule, na primeira avaliação 10 DAG houve apenas diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para cultivar, como ocorreu para a altura. Na segunda 25 DAG observou-se diferença ( $p \leq 0,05$ ) para o fator estresse hídrico. Para a terceira avaliação 40 DAG foi significativo para os fatores cultivar e estresse hídrico. Nas duas últimas avaliações 55 e 70 DAG

houve diferença significativa ( $p \leq 0,01$ ) para o fator estresse hídrico. Não ocorreu interação entre os fatores estudados para essa variável.

Na Tabela 6 são apresentadas as médias das alturas das plantas avaliadas durante o experimento em função do tipo de água. Verificou-se que a água potável apresentou as maiores médias de altura de planta nas duas últimas avaliações.

Resultados contrários foram encontrados por outros pesquisadores. Airlys *et al.* (2013) em trabalho com a realização da irrigação com efluente tratado, juntamente com aplicação de cinzas de bagaço de cana de açúcar, na cultura do feijão-caupi, observou desenvolvimento significativo nas variáveis altura caulinar e diâmetro caulinar em relação às plantas irrigadas com água de poço.

Andrade *et al.* (2012) estudando a qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento, afirmam que a água residuária se mostrou significativamente superior para as variáveis de altura de planta e diâmetro de caule. Rodrigues *et al.* (2009) afirmou que o crescimento da mamoneira é favorecido pela irrigação com a água residuária de origem doméstica.

**Tabela 6.** Valores médios das alturas das plantas realizado ao longo do experimento, para as duas águas 'Residuária' e 'Pótavel'. Botucatu – 2017.

Dias após a germinação	Residuária	Pótavel
10	5,25 a	5,25 a
25	7,38 a	7,27 a
40	11,98 a	12,55 a
55	26,26 b	32,48 a
70	36,52 b	46,91 a

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação ao fator cultivar, analisou-se que a cultivar normal TAA Dama obteve as maiores médias de altura durante o experimento, sendo a última avaliação 58,11 cm. Para o diâmetro do caule, considerou-se que, na maioria das

avaliações, não houve diferença, sendo que a média das duas cultivares na última avaliação ficou em torno de 4,21 mm. As médias da altura das plantas e diâmetro do caule para o fator cultivar estão apresentados na Tabela 7.

Quanto às médias da altura das plantas e diâmetro do caule na (Tabela 8) analisou-se que os estresses hídricos interferiram nas variáveis, onde médias menores foram encontradas no estresse

hídrico na fase vegetativa para ambos. A testemunha foi semelhante ao estresse hídrico, na fase reprodutiva, para as duas variáveis.

**Tabela 7.** Valores médios da altura das plantas e diâmetro do caule realizado ao longo do experimento, para as duas cultivares ‘IAC Imperador’ e ‘TAA Dama’. Botucatu –2017.

Dias após a germinação	Altura cm			Diâmetro mm				
	IAC Imperador	TAA Dama	IAC Imperador	TAA Dama	IAC Imperador	TAA Dama		
10	4,58	b	5,91	a	2,70	b	2,93	a
25	7,09	b	7,56	a	3,34	a	3,18	a
40	12,43	a	12,11	a	3,92	a	3,69	b
55	23,63	b	35,11	a	4,34	a	4,21	a
70	25,33	b	58,11	a	4,27	a	4,16	a

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 8.** Valores médios da altura das plantas e diâmetro do caule realizado ao longo do experimento, para os estresses hídricos ‘Testemunha’ ‘Fase vegetativa’ e ‘Fase reprodutiva’. Botucatu – 2017.

Dias após a germinação	Altura Cm					
	Testemunha	Fase vegetativa	Fase reprodutiva	Testemunha	Fase vegetativa	Fase reprodutiva
10	5,25	a	5,25	a	5,25	a
25	7,60	a	6,85	b	7,54	a
40	14,27	a	9,18	b	13,35	a
55	33,66	a	21,35	b	33,10	a
70	43,08	a	35,41	b	46,66	a

Dias após a germinação	Diâmetro mm					
	Testemunha	Fase vegetativa	Fase reprodutiva	Testemunha	Fase vegetativa	Fase reprodutiva
10	2,82	a	2,82	a	2,82	a
25	3,39	a	3,09	b	3,31	ab
40	3,93	a	3,48	b	4,01	a
55	4,48	a	3,76	b	4,59	a
70	4,41	a	3,78	b	4,45	a

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

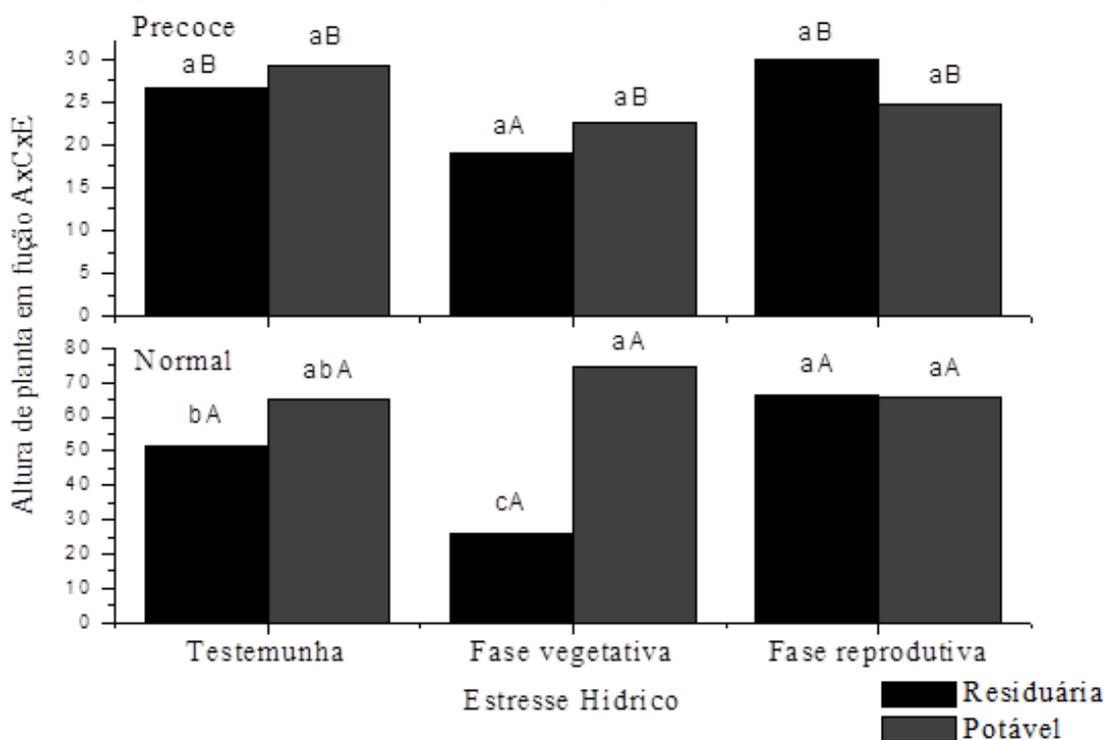
No desdobramento da interação entre os três fatores para a altura das plantas aos 70 DAG (Figura 2), verifica-se que,

dentro das cultivares, houve influência das águas e dos estresses, sendo a cultivar normal TAA Dama a que apresentou

melhor desempenho. Em relação às águas e estresse, não diferiram na cultivar precoce IAC Imperador, mas o efeito dos mesmos

foi dependente na cultivar normal TAA Dama, onde a água residuária, associada com a fase vegetativa, foi inferior.

**Figura 2.** Valores médios da altura das plantas aos 70 dias após a germinação, no feijoeiro em função do déficit hídrico aplicado em cultivares de feijão, nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água residuária.



Médias seguidas de letras iguais, acima da barra, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, entre as águas e estresses hídricos dentro de cada cultivar com letra minúscula, e entre as cultivares normal IAC Imperador e precoce TAA Dama com letras maiúsculas.

Catuchi et al., (2012) em trabalho com respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica, sob diferentes regimes hídricos, observaram que, em condições de restrição hídrica, a adubação potássica não interfere significativamente nos parâmetros fisiológicos e de crescimento da soja.

Em relação à massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS), verificou-se, de acordo com análise de variância, que para o fator água não houve efeito significativo para MMF, porém houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p > 0,01$ ) para MMS aos 40 e 70 DAG. Já para o fator cultivar, ocorreu o

contrário, pois foi verificado efeito significativo para todas as avaliações de matéria fresca da parte aérea (MMF) e, para massa da matéria seca da parte aérea (MMS), ocorreu efeito significativo ( $p > 0,01$ ) apenas para a primeira avaliação, aos 10 dias após a germinação. Para o fator estresse hídrico foi verificado efeito significativo a 1% de probabilidade ( $p > 0,01$ ) para as duas últimas avaliações aos 40 e 70 DAG, tanto para MMF e MMS.

Aos 40 DAG foi encontrado efeito significativo para todas as interações na MMF, já para a MMS apenas foi encontrado para a interação entre cultivar e estresse hídrico. Na última avaliação, aos 70 DAG, houve interação entre água e

estresse hídrico, e cultivar e estresse hídrico para MMF, e para MMS houve interação entre cultivar e estresse, e interação entre os três fatores estudados.

Os valores médios para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea

(MMS), nas duas águas estudadas, podem ser observados na Tabela 9. Ocorreram diferenças significativas para as últimas avaliações de matéria seca da parte aérea (MMS), sendo que a água potável se mostrou superior.

**Tabela 9.** Valores médios para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS) para as duas águas 'Residuária' e 'Potável'. Botucatu – 2017.

	Dias após a germinação	Residuária		Potável	
MMF	10	1,66	a	1,66	a
	40	7,73	a	8,46	a
	70	13,62	a	13,29	a
MMS	10	0,23	a	0,23	a
	40	1,25	b	1,84	a
	70	2,28	b	2,88	a

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados diferentes foram encontrados por Feitosa et al. (2015), onde não ocorreu diferença na massa seca total (MST) de feijão-caupi nos tratamentos de 100% reúso e potável. Lacerda *et al.* (2011), na influência da irrigação com água residuária no desenvolvimento de feijão-deporco, avaliações da fitomassa fresca e seca das partes aéreas, das raízes e totais das plantas do grupo de água oriunda da lagoa de estabilização, revelaram valores estatisticamente superiores em relação aos demais grupos.

Constatou-se que na primeira avaliação 10 DAG para massa da matéria

fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS) a cultivar normal TAA Dama foi superior à precoce IAC Imperador. Para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) houve também diferença na segunda avaliação 40 DAG onde o resultado foi contrário, a cultivar precoce IAC Imperador foi superior, e na última, a avaliação não apresentou diferença estatística. Já para as avaliações de massa da matéria seca da parte aérea (MMS) aos 40 e 70 DAG não se observou diferença (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores médios para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS), para as duas cultivares ‘IAC Imperador’ e ‘TAA Dama’. Botucatu – 2017.

	Dias após a germinação	IAC Imperador		TAA Dama	
MMF	10	1,64	b	1,69	a
	40	8,77	a	7,42	b
	70	12,43	a	12,11	a
MMS	10	0,22	b	0,25	a
	40	1,56	a	1,53	a
	70	2,56	a	2,61	a

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

As respostas observadas para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS) para os estresses hídricos estão dispostas na Tabela 11, para as avaliações aos 40 DAG, a testemunha obteve resposta igual ao estresse hídrico na fase reprodutiva para ambas. Para MMF aos 70 DAG, o estresse hídrico na fase vegetativa teve a menor média (10,85 g), e a testemunha com média (15,99 g), seguida da fase reprodutiva com (13,52 g). Na MMS aos 70

DAG os estresses hídricos foram iguais, e diferiram da testemunha.

Gomes *et al.* (2000) salientam que em condições de estresse hídrico, a biomassa da parte aérea e de seus componentes, e o índice de área foliar e a taxa de crescimento das culturas são reduzidas. O déficit hídrico afetou o rendimento do feijão-fava para a produção de vagens, grãos e matéria seca total (OLIVEIRA, 2012).

**Tabela 11.** Valores médios para massa da matéria fresca da parte aérea (MMF) e massa da matéria seca da parte aérea (MMS) para os estresses hídricos ‘Testemunha’ ‘Fase vegetativa’ e ‘Fase reprodutiva’. Botucatu – 2017.

	Dias após a germinação	Testemunha	Fase vegetativa		Fase reprodutiva	
MMF	10	1,66 a	1,66	a	1,66	a
	40	10,01 a	3,64	b	10,64	a
	70	15,99 a	10,85	c	13,52	b
MMS	10	0,23 a	0,23	a	0,23	a
	40	1,79 a	0,78	b	2,06	a
	70	3,46 a	2,20	b	2,09	b

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

## 6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou observar apenas interação tripla dos fatores para a variável altura de plantas, já os três fatores separadamente acarretaram alterações no

desenvolvimento do feijoeiro principalmente no fim do ciclo.

O estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva influenciou em praticamente todas as avaliações realizadas, interferindo de forma negativa no desenvolvimento da cultura. Para as

cultivares também ocorreu diferenças nos caracteres de crescimento e de biomassa vegetal. Quanto ao fator água houve efeito

nos parâmetros altura e massa da matéria seca sendo que a água potável proporcionou maior valores que a água residuária.

## 7 REFERÊNCIAS

AIRLYS, J.; SANTOS, V. S.; MENEZES, A. R. V.; GOMES, A. C. P.; RODRIGUES, L. G. Desenvolvimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) utilizando as cinzas de bagaço da cana-de-açúcar e efluente tratado. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 4, p. 147-151, out./dez. 2013.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: APHA, 2012.

AMUDHA, J.; BALASUBRAMANI, G. Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, Washington, v. 6, n. 2, p. 31-58, fev. 2011.

ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas. **Idesia**, Chile, v. 30, n. 2, p. 19-27, maio/ago. 2012.

ÁVILA, M. R.; BARIZÃO, D. A. O.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L. P. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 221-230, maio/jun. 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, p. 152-169, jun. 2008.

BOUTRAA, T.; SANDERS, F. E. Influence of Water Stress on Grain Yield and Vegetative Growth of Two Cultivars of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 187, n. 4, p. 251-257, 2001.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZI, K. A.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G. M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 4, p. 519-527, abr. 2012.

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 445-458, jul. 2015.

CUNHA, A. H. N.; GOMES, F. P.; ARAÚJO, C. S. T.; CARDOSO, A. O.; VALENTE, M. S. Cultivo de feijão irrigado com água residuária e adubado com micronutrientes. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 8, n. 1, p. 48-59, jun. 2015.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. **Soil-Water Retention Curve**. Version 3.0. Piracicaba: ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995.

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015.

GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.

LACERDA, P. M.; RODRIGUES, R. F.; Nalini JUNIOR, H. A.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 159-168, 2011.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ROCHA, P. R. R.; SAKAZAKI, R. T.; DIONISIO, L. F. S.; POLO-VARGAS, A. R. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi cultivado em solo do cerrado submetido à cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 172-187, 2009.

OLIVEIRA, A. E. D. S. **Efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento do feijão-fava em ambiente protegido**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.

PLETSCH, T. A. **Irrigação de milho por sulcos com efluente de esgoto doméstico tratado**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, A. J.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. Interpretação de análise de solo. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A. J.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 8-13. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. suplemento, p. 825-835, 2009.

SALES, M. A. L.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Utilização da água residuária tratada por radiação solar na irrigação da cultura de cebolinha. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 3, p. 645-661, jul./set. 2019.

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

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, jun. 2013.

VAN GENUTCHEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 41, n. 5, p. 892-898, 1980.

WU, C.; WANG, Q.; XIE, B.; WANG, Z.; CUI, J.; HU, T. Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. **African Journal of Biotechnology**, Shaanxi Province, v. 10, n. 78, p. 17954-17961, 2013.

YIN, H. B.; PATEL, J. Comparison of methods to determine the microbial quality of alternative irrigation waters. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 201, p. 38-45, 2018.