

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**Aspecto produtivo da cultura do feijoeiro sob diferentes
lâminas via pivô central**

Autor: Thamara Estevam de França Viana
Orientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

CERES - GO
Março - 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**Aspecto produtivo da cultura do feijoeiro sob diferentes
lâminas via pivô central**

Autor: Thamara Estevam de França Viana
Orientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, no Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres - Área de concentração: Tecnologias de Irrigação.

Ceres - GO
Março - 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**Aspecto produtivo da cultura do feijoeiro sob diferentes
lâminas via pivô central**

Autor: Thamara Estevam de França Viana
Orientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado - Área de Concentração:
Tecnologias de Irrigação

APROVADA em _____ de _____ de _____.

Prof. Dr. Gervásio Fernando Alves Rios
Avaliador externo
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
Avaliador interno
IF Goiano - Campus Ceres

Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira
(Orientador)
IF Goiano - Campus Ceres

DEDICO AOS MEUS PAIS, KIRLEY ESTEVAM E WILLIAN DE FRANÇA,
por tudo que foram e são em minha vida: exemplo de humildade, dignidade e luta.

Novamente, essa conquista é de vocês.

OFEREÇO

AO MEU IRMÃO, EDGAR,
pela presença, força e união durante esses anos.

E AO MEU ESPOSO, RICARDO,
pela companhia, carinho, ajuda e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois se não fosse Sua força, nada seria feito.

Aos meus pais, Willian de França e Kirley Estevam Dias de França, meu esposo Ricardo Vinicius Martins Viana e ao meu irmão, Edgar Estevam de França, por todo apoio e carinho que sempre me deram.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres por todos esses anos de apoio.

À FAPEG, pela bolsa cedida nos anos de trabalho.

Ao orientador, Prof. Dr. Henrique Fonseca, pelos ensinamentos, atenção e amizade nesses anos de trabalho e sucesso.

Ao professor e co-orientador, Willian Buso, pelo conhecimento compartilhado e pela atenção durante os trabalhos conduzidos.

Aos membros da banca avaliadora pelas sugestões e auxílio final.

Aos alunos do curso de agronomia do IF Goiano – Campus Ceres, Leandro, Polyana, Lucas e Élika que contribuíram de alguma forma para a condução do trabalho.

Aos colegas de curso Ulisses, John, Ana Rita, Mônica e os demais, pelo apoio e amizade, em especial minha amiga Elisa pela ajuda nos trabalhos e amizade durante o mestrado.

Aos demais professores e funcionários do IF Goiano – Campus Ceres pelo apoio técnico.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Thamara Estevam de França Viana, filha de Willian de França e Kirley Estevam Dias de França, nasceu em Jussara - GO, em 22 de Julho de 1992, casada com Ricardo Vinicius Martins Viana.

Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual de Goiás - UEG, Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás, concluindo em 2014, com ênfase na área de Entomologia Agrícola nas culturas: soja, feijão, milho, girassol, a partir de 2010, por meio de projetos de pesquisas em campo e extensão. Bolsista PBIC/UEG e voluntária dos projetos "Distribuição espaço temporal e flutuação populacional de percevejos da parte aérea em um pivô central e áreas adjacentes" e "Implementação do melhor bem estar dos animais de produção no Município de Palmeiras de Goiás". No final do ano de 2013 prestou serviços a empresa Atento Treinamento - Usina Bp Biocombustíveis Tropicais como docente dos cursos "NR 31.8 - Segurança no manuseio e aplicação de defensivos agrícolas" e "NR 31.12 - Segurança no trabalho em máquinas e implementos agrícolas" para os trabalhadores da Usina Unidade de Edéia - GO. Em 2014 participou do Curso IrrigaWeb "Capacitação em Uso e Manejo de Irrigação", oferecido pela EMBRAPA.

No ano de 2015, iniciou o Mestrado em Irrigação no Cerrado no Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração: Tecnologias de Irrigação.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	v
BIOGRAFIA DO AUTOR	vi
SUMÁRIO	vii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMO	Erro! Indicador não definido.
ABSTRACT	Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Cultura do feijoeiro	5
2.2 Características agronômicas das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru.....	8
2.3 Necessidades hídricas do feijoeiro	10
2.4 Manejo da irrigação.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 Caracterização da área experimental.....	15
3.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	16
3.3 Instalação e condução do experimento	17
3.4 Sistema de irrigação	18
3.5 Teste de uniformidade do sistema de irrigação.....	19
3.6 Manejo da irrigação.....	20
3.7 Parâmetros avaliados.....	23
3.8 Análise estatística.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Teste de uniformidade.....	25
4.2 Manejo da irrigação.....	27
4.3 Parâmetros avaliados.....	30
5 CONCLUSÕES	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultados da análise do solo (0-20 cm profundidade) da área experimental, Ceres - GO, 2016.	16
Tabela 2. Produtos aplicados no controle fitossanitário na cultura do feijão comum, 2016.	18
Tabela 3. Variação do coeficiente da cultura ao longo do ciclo do feijoeiro, nos anos de 2015 e 2016.....	22
Tabela 4. Teste de uniformidade do pivô central (raio 1) no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres.	25
Tabela 5. Teste de uniformidade do pivô central (raio 2) no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres.	26
Tabela 6. Lâmina (mm) aplicada por irrigação e total (irrigação + precipitação), via pivô central no feijoeiro.	29
Tabela 7. Quadrado médio das variáveis altura de planta, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade do feijoeiro em função das diferentes lâminas de irrigação para o ano de 2015.	30
Tabela 8. Quadrado médio das variáveis altura de planta, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade do feijoeiro em função das diferentes lâminas de irrigação para o ano de 2016.	32
Tabela 9. Valores médios das variáveis avaliadas das cultivares IPR Uirapuru e BRS Estilo nos anos de 2015 e 2016.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estágios de desenvolvimento de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	7
Figura 2. Indicação da cultivar BRS Estilo, por estado, para a safras das “águas”, da “seca” e de “inverno”.....	9
Figura 3. Florescimento de coloração roxa da cultivar de feijão IPR Uirapuru, 2016. ..	10
Figura 4. Área experimental com pivô central no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres	15
Figura 5. Croqui da área experimental com pivô central no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres.	16
Figura 6. Semeadura das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru na área experimental no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres.....	17
Figura 7. Painel de controle do pivô central da marca Krebs, localizado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, 2016.	18
Figura 8. Tanque Classe A, com micrômetro de gancho, utilizado para medir a evaporação da água, localizado na estação meteorológica do Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, 2016.	20
Figura 9. Coeficientes de cultura em função das fases do ciclo de crescimento do feijoeiro.....	23
Figura 10. Dados da evaporação do Tanque Classe A e da Evapotranspiração da cultura, de acordo com as fases do ciclo do feijoeiro - Desenvolvimento inicial (I), Floração (II), Enchimento (III) e Maturação (IV), para o ano de 2015.	27
Figura 11. Dados da evaporação do Tanque Classe A e da Evapotranspiração da cultura de acordo com as fases do ciclo do feijoeiro - Desenvolvimento inicial (I), Floração (II), Enchimento (III) e Maturação (IV), para o ano de 2016.	28
Figura 12. Lâminas de irrigação referentes às porcentagens da Etc de acordo com os dias após a sementeira (DAS), para os anos de 2015 (A) e 2016 (B).....	29
Figura 14. Altura de planta do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.....	33
Figura 15. Número de vagens por planta do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.	34

Figura 16. Peso de 1000 grãos (g) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.	35
Figura 17. Comprimento de vagem (cm) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.	36
Figura 18. Número de grãos por vagem do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.	37
Figura 19. Produtividade (kg ha ⁻¹) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016, em função das lâminas de irrigação.	38

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado
Cm	Centímetro
kg ha ⁻¹	Quilogramas por hectare
Mm	Milímetros
MI	MI
G	Gramas
N	Nitrogênio
K	Potássio
TCA	Tanque Classe A
ECA	Evaporação média no TCA
ETc	Evapotranspiração da cultura
Kc	Coefficiente de cultura
Kp	Coefficiente do TCA
ETo	Evapotranspiração de referência
CUC	Coefficiente de uniformidade de Christiansen
N	Nº de coletores
Li	Lâmina coletada no ponto “i”, em mm
Lm	Lâmina media de todas as observações, em mm
DAE	Dias após emergência
DAS	Dias após semeadura
I	Irrigação, em mm
P	Precipitação, em mm
Si	Posição do emissor
L	Lâmina coletada, em mm
NVP	Nº Vagens por planta
NGV	Nº Grãos por vagens
CV	Comprimento de vagens
PG	Produtividade em kg ha ⁻¹
PMG	Peso de mil grãos (g)

RESUMO

VIANA, THAMARA ESTEVAM DE FRANÇA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres/GO, março de 2017. **Aspecto produtivo da cultura do feijoeiro sob diferentes lâminas via pivô central.** Orientador: Henrique Fonseca Elias de Oliveira e Coorientador: William Henrique Diniz Buso.

O manejo racional da irrigação requer conhecimentos específicos, principalmente no que se refere à eficiência de aplicação de água. O experimento foi realizado no setor de pesquisas do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, situado na latitude 15°21'0.51"S, longitude 49°35'55.10"O e altitude de 600m, em um pivô central com área total de 5,36 ha no ano de 2015 e 2016. Teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de duas cultivares de feijão, BRS Estilo e IPR Uirapuru, irrigadas via pivô central, sob quatro lâminas de irrigação, diferenciadas pelos percentuais da evapotranspiração da cultura, manejada pelo método do tanque classe A. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram avaliados os efeitos dos quatro níveis de irrigação (35, 70, 105 e 140% da Evapotranspiração diária da cultura manejada pelo método do tanque classe A - TCA) e nas subparcelas as cultivares de feijão (BRS Estilo e IPR Uirapuru). Avaliou-se, para dois ciclos, produtividade de grãos, altura de planta, número de vagens por planta, comprimento das vagens, número de grãos por vagem e peso de 1000 grãos. Os resultados foram analisados através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade e por meio de análise de regressão. Todas as características analisadas foram influenciadas significativamente pela diferenciação das lâminas de irrigação, sendo as lâminas de 92% e 107,5% as que apresentaram maiores produtividades para os anos de 2015 e 2016, respectivamente. A cultivar IPR Uirapuru apresentou produtividade superior em relação à BRS Estilo para ambos os anos de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo, tanque classe A, evapotranspiração, cultivares e feijão.

ABSTRACT

VIANA, THAMARA ESTEVAM DE FRANÇA. Goiano Federal Institute – Campus Ceres/GO, march 2017. *Aspects of bean crop production with different blades via central pivot.* Advisor: Henrique Fonseca Elias de Oliveira e Co-Advisor: William Henrique Diniz Buso.

Rational irrigation management requires specific knowledge, especially in terms of water application efficiency. The experiment was carried out in the research area of Goiano Federal Institute - Campus Ceres, located at latitude 15°21'0.51"S, longitude 49°35'55.10"O and altitude of 600m, in a central pivot with a total area of 5.36 ha, in the years 2015 and 2016. The objective was to evaluate the productive performance of two bean cultivars, BRS Estilo and IPR Uirapuru, irrigated through central pivot, under four irrigation slides, differentiated by the percentage of crop evapotranspiration, managed by the class A tank method. A completely randomized design was used, in subdivided plots, with four replications. In the plots the effects of the four irrigation levels (35, 70, 105 and 140% of the daily Evapotranspiration of the culture managed by the tank method class A - TCA) were evaluated, as well as the bean cultivars (BRS Estilo and IPR Uirapuru) in the subplots. Grain yield, plant height, number of pods per plant, pod length, number of grains per pod and weight of 1000 grains were evaluated for two cycles. The results were analyzed through the Tukey test, at 5% probability and through regression analysis. All characteristics analyzed were significantly influenced by the differentiation of the irrigation slides, and the slides of 92% and 107.5% were those that showed the highest productivity for the years 2015 and 2016, respectively. The cultivar IPR Uirapuru presented superior productivity in relation to BRS Estilo in both years of study.

KEY WORDS: Management, class A tank, evapotranspiration, cultivars and beans.

1. INTRODUÇÃO

Os Estados do Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás são os principais produtores da leguminosa feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L). Em Goiás, na safra 2015/16, poucas áreas de feijão, segunda safra, apresentaram resultados ruins, contudo algumas áreas não obtiveram bons preços pagos ao produtor, devido aos grãos com baixa qualidade. Ocorreram chuvas no período de maturação, o que promoveu escurecimento e queda de qualidade do grão colhido. Já para o feijão da terceira safra (de inverno), o clima apresentou-se favorável ao bom desenvolvimento da cultura, que por ser irrigada, não sofreu com o déficit hídrico. Entretanto, o baixo volume de chuvas fez que os reservatórios dos irrigantes ficassem abaixo dos níveis, o que leva a acreditar em baixa oferta de água (CONAB, 2016).

De uma forma geral, o cultivo do feijão na safra de inverno é realizado quase em sua totalidade por meio de irrigação, porém, como os níveis dos reservatórios de água atualmente estão abaixo da média histórica, dificulta o funcionamento dos pivôs. Torna-se fundamental estudos que visem a otimização na utilização de água e energia, a fim de garantir alta produtividade e qualidade dos grãos (CONAB, 2016). Nesse aspecto, os parâmetros que expressam a qualidade da irrigação devem ser entendidos como componentes decisórios no processo de planejamento e operação dos sistemas de irrigação.

A avaliação de sistemas de cultivo e de técnicas de manejo que potencializam a produção da cultura com o emprego de uma técnica, como a irrigação, assume, nos dias atuais, importância considerável devido à escassez de recursos. A necessidade de se produzir com qualidade e em maior quantidade, considerando a diminuição dos impactos ambientais negativos sobre o recurso natural 'água', exigem, da comunidade científica, novos conhecimentos sobre as reais necessidades hídricas das culturas (Cunha et al., 2013).

De acordo com esses autores, vários métodos podem ser utilizados para estimar a quantidade de água requerida pelo feijoeiro, destacando-se o Tanque Classe A, o qual integra variáveis meteorológicas e da cultura, como um dos mais acessíveis aos produtores irrigantes.

O manejo racional da irrigação via pivô central requer, além do conhecimento de parâmetros climáticos, características das culturas, dos solos e dos recursos hídricos, o

conhecimento da distribuição e quantidade de água aplicada e das eficiências de aplicação e distribuição (Ribeiro et al., 2012).

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo geral avaliar o desempenho produtivo de duas cultivares de feijão, BRS Estilo e IPR Uirapuru, irrigadas via pivô central, sob quatro lâminas de irrigação, diferenciadas pelos percentuais (35, 70, 105 e 140%) da evapotranspiração da cultura, manejadas pelo método do Tanque Classe A.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do feijoeiro

O feijoeiro comum é uma planta anual herbácea, trepadora ou não, pertencente à classe Dicotiledônea, família Leguminosa, subfamília Papilionoideae e gênero *Phaseolus* L. O gênero *Phaseolus* é originário das Américas e possui cerca de 55 espécies, sendo que apenas cinco delas são cultivadas. A espécie *Phaseolus vulgaris* L., designada por feijoeiro comum, é a mais importante, por ser a espécie mais antiga cultivada e também a mais utilizada nos cinco continentes (Santos & Gavilanes, 2011).

O feijão é classificado em Grupo I, o feijão comum, quando proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L. e Grupo II, o feijão-caupi (feijão-de-corda ou feijão-massar), quando proveniente da espécie *Vigna unguiculata* L Walp. A coloração do tegumento do grão é classificada em quatro classes: preto, branco, cores ou misturado, independentemente do grupo. Quanto aos limites máximos de tolerância de defeitos, são classificados em ardidos, mofados e carunchados (BRASIL, 2008).

Essa cultura destaca-se por ser uma espécie de grande importância no Brasil, caracterizando-se como um produto agrícola extremamente apreciado pelos brasileiros, pois constitui costume culinário da nação e é considerado alimento básico e uma das principais fontes de proteína na dieta da população (Cunha et al., 2013). O feijão é, historicamente, um dos principais alimentos consumidos no Brasil e no mundo (Barbosa & Gonzaga, 2012), tendo importante valor nutricional aos seres humanos como fonte de 17 vitaminas, fibras, ferro, isoflavonas, fósforo, magnésio, cálcio, zinco e, principalmente, proteína.

Barbosa & Gonzaga (2012) relatam que o plantio de feijão no Brasil é feito ao longo do ano, dividindo-se em três épocas ou safras. Na 1ª safra ou “safra das águas”, a semeadura é feita, normalmente, entre os meses de agosto e outubro, podendo se estender até novembro e dezembro. A colheita é feita a partir de novembro até março, com maior intensidade em dezembro. Na 2ª safra, “safra da seca” ou “safrinha”, a semeadura é realizada entre janeiro e abril, e a colheita de abril até julho. Na 3ª safra, conhecida também como “safra de outono-inverno”, “safra do Sudeste” e “safra irrigada”, a semeadura é feita a partir de maio, com a colheita entre agosto e outubro.

Brasil, Índia, China, Myanmar e México são os cinco maiores produtores de feijão, representando mais de 65% da produção mundial. Os principais países exportadores são China, Estados Unidos da América, Myanmar, Canadá, Argentina e são responsáveis por 73,5% do total exportado. Os principais países importadores são Índia, Estados Unidos da América, Cuba, Japão e Reino Unido. O Brasil importa feijão principalmente da Argentina e começa a exportar para alguns países, como Estados Unidos da América e África do Sul (CONAB, 2014).

No acompanhamento da safra brasileira de grãos, realizado em dezembro de 2015, pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção nacional de feijão na safra 14/15 foi de 3,1 milhões de toneladas, em uma área de 3,05 milhões de ha e com produtividade média de 1020 kg ha⁻¹. O feijão é produzido em todos os Estados da federação, sendo a terceira cultura de grãos em área plantada no país, atrás da soja e do milho (CONAB, 2015).

Segundo estimativa da CONAB, a produção final do feijão preto, na safra 15/16, na região Centro-Oeste, foi de 2,4 milhões de toneladas, em uma área de 1,5 milhão de ha, com produtividade média de 1.578 kg ha⁻¹. Já para a safra 16/17, a produção foi de 3,6 milhões de toneladas, em uma área de 1,5 milhão de ha, com produtividade média de 2.393 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Para essa mesma Instituição, a produção do feijão carioca, no Estado de Goiás, na safra 15/16, foi de 284,4 mil toneladas, em uma área de 122,7 mil ha, com produtividade média de 2.318 kg ha⁻¹. Na safra 16/17, a produção foi de 321,4 mil toneladas, em uma área de 132,7 mil ha, com produtividade média de 2.422 kg ha⁻¹.

- **Desenvolvimento da planta**

Phaseolus vulgaris L. é uma fabácea anual, herbácea, com sistema radicular superficial, do tipo pivotante, contendo caule anguloso e com pelos simples, de onde são emitidos os ramos laterais, com folhas compostas e trifoliadas. Devido à sua estrutura floral, o feijoeiro é classificado como uma planta autógama, uma vez que tanto o estigma quanto as anteras se encontram protegidos pelas pétalas, com a polinização ocorrendo no momento da abertura da flor, fenômeno comumente conhecido como cleistogamia. Os frutos são vagens que possuem polpa espessa e formato afilado dentro do qual se desenvolvem as sementes (Trindade, 2012).

Hábito de crescimento do feijoeiro comum pode ser de dois tipos: determinado, em que o caule termina por uma inflorescência; e indeterminado, pois na extremidade do caule existe gema vegetativa ou floral e vegetativa. No hábito de crescimento determinado, geralmente a primeira flor se abre na inflorescência apical da haste principal e, posteriormente, outras flores se abrem das inflorescências das hastes laterais. Por isso, é comum dizer que o florescimento ocorre do ápice da planta para a base e o período de floração é curto e a maturação uniforme. Já nas plantas de hábito indeterminado, geralmente a primeira flor se abre em inflorescência posicionada na base e, em seguida, as flores nas posições superiores. Em razão disso, considera-se que o florescimento ocorre da base para o ápice (Santos & Gavilanes, 2008).

O ciclo biológico do feijoeiro é dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é constituída pelas etapas V0, V1, V2, V3 e V4; a reprodutiva pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9 (Figura 1). O ciclo da cultura é completado de 70 a 110 dias, de acordo com a cultivar e com as condições climáticas.

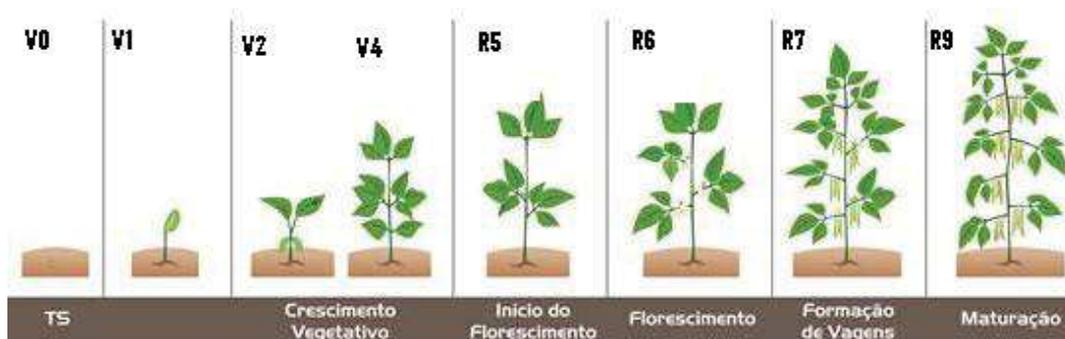


Figura 1. Estágios de desenvolvimento de *Phaseolus vulgaris* L.

Fonte: BICALHO, 2013.

Etapas do desenvolvimento da planta do feijoeiro comum (Bicalho, 2013):

- V0 - Germinação: absorção de água pela semente; emergência da radícula e sua transformação em raiz primária.
- V1 - Emergência: os cotilédones aparecem ao nível do solo e começam a separar-se. O epicótilo começa o seu desenvolvimento.
- V2 - Folhas primárias: completamente abertas.
- V3 - Primeira folha trifoliolada: abertura da primeira folha trifoliolada e o aparecimento da segunda folha trifoliolada.

- V4 - Terceira folha trifoliolada: abertura da terceira folha trifoliolada, as gemas e os nós inferiores produzem ramas.
- R5 - Pré-floração: aparecem o primeiro botão floral e o primeiro rácimo.
- R6 - Floração: abre-se a primeira flor.
- R7 - Formação das vagens: aparece a primeira vagem.
- R8 - Enchimento das vagens: começa o enchimento da primeira vagem (crescimento das sementes). Ao final dessa etapa, as sementes perdem a cor verde e começam a mostrar as características da cultivar. Inicia-se o desfolhamento.
- R9 - Maturação fisiológica: as vagens perdem a pigmentação e começam a secar. As sementes adquirem a coloração típica da cultivar.

2.2 Características agronômicas das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru

Cultivares melhoradas de feijão comum, com elevado potencial de produção, ampla adaptação e menor sensibilidade aos estresses bióticos ou abióticos, representam uma das mais significativas contribuições à eficiência do setor produtivo. O trabalho de obtenção, avaliação e recomendação de cultivares é realizado por diversas instituições de pesquisa e desenvolvimento distribuídas por todo país (INCAPER, 2011). Dentre as cultivares utilizadas no Brasil, a maioria delas apresenta teor de 20 a 25% de proteína.

- **BRS Estilo**

BRS Estilo apresenta arquitetura de planta ereta, hábito de crescimento indeterminado, alto potencial produtivo, além de resistência ao acamamento, a oito doenças fúngicas, ao mosaico comum e é adaptada à colheita mecânica direta,. Tipo de grão comercial carioca, ciclo normal (85 a 95 dias) e potencial produtivo de 4.011 kg ha⁻¹. Possui ainda grãos mais claros do que os da cultivar Pérola, mas com uniformidade de coloração e de tamanho de grão, massa média de 100 grãos de 26 gramas e tempo de cozimento de 26 minutos (EMBRAPA, 2013).

A cultivar BRS Estilo, sob inoculação artificial, é resistente ao mosaico comum e aos patótipos 23, 55, 71, 89, 89-AS, 95, 127 e 453 de *Colletotrichum lindemuthianum*, causador da antracnose. Foi moderadamente suscetível nos ensaios de campo ao cretamento bacteriano comum e à ferrugem e suscetível a mancha angular, mosaico dourado e murcha de fusário (Melo et al., 2009).

Esses autores afirmam que a cultivar é indicada para as safras das “águas” em Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Pernambuco; de “inverno” em Goiás, Mato Grosso e Tocantins; da “seca” em Goiás, Paraná, Santa Catarina, Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Na Figura 2, segundo recomendações de EMBRAPA (2013), pode-se observar a indicação da cultivar BRS Estilo, por Estados, de acordo com as safras:



Figura 2. Indicação da cultivar BRS Estilo, por Estado, para a safras das “águas”, da “seca” e de “inverno”.

Fonte: EMBRAPA, 2013.

- **IPR Uirapuru**

Cultivar do grupo preto, de ampla adaptação, registrada para cultivo a partir de julho de 2000. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte ereto, guias curtas, com possibilidade de colheita mecânica. O tempo médio até o florescimento (coloração roxa) é de 43 dias (Figura 3), o ciclo médio é de 86 dias da emergência a

colheita. Apresenta-se como resistente à ferrugem, oídio e mosaico comum e suscetível à antracnose, crestamento bacteriano comum, murcha de *curtobacterium*, murcha de *Fusarium* e mancha angular (IAPAR, 2005).



Figura 3. Florescimento de coloração roxa da cultivar de feijão IPR Uirapuru, 2016.

Fonte: Arquivo Pessoal.

A cultivar apresenta boa tolerância ao déficit hídrico e alta temperatura ocorrida durante a fase reprodutiva, mostrando-se relativamente eficiente em condições de baixa disponibilidade de fósforo. Possui potencial produtivo de 3.000 kg ha⁻¹ e massa média de mil grãos de 246 g (Barili et al., 2015).

2.3 Necessidades hídricas do feijoeiro

A água é um dos principais fatores da produção na agricultura, em que cada planta precisa de uma quantidade adequada de água no solo para que suas necessidades fisiológicas sejam atendidas. A irrigação constitui alternativa viável dentre os tratamentos culturais para a melhoria da produtividade e sua finalidade básica é

de proporcionar água à cultura para atender à sua exigência hídrica (EMBRAPA, 2012).

Essa Instituição afirma que a condição hídrica do solo é um dos principais fatores que afeta o rendimento de feijoeiro comum. Em situações tanto de deficiência quanto de excesso de água, nos diferentes estádios dessa cultura, ocorre redução na sua produtividade em diferentes proporções. Os efeitos do déficit hídrico são iniciados quando a taxa de evapotranspiração é maior do que a taxa de absorção de água pelas raízes e sua transmissão para as partes aéreas da planta. Assim, deve-se evitar déficit ou excesso de água no solo em qualquer fase do ciclo da cultura para a obtenção de elevadas produtividades.

Devido ao curto período de seu ciclo, a estiagem ou o excesso de água pode afetar severamente o crescimento do feijoeiro. A cultura necessita de, no mínimo, 300 a 500 mm de água acumulada durante o ciclo, que é de 60 a 120 dias, para manifestar seu potencial produtivo. O déficit de água implica na redução da taxa fotossintética, o que resulta na perda de produtividade a um valor dependente da etapa fenológica em que esse estresse acontece. Se o déficit hídrico ocorrer durante a fase vegetativa, por exemplo, há redução da área foliar das plantas, enquanto que na fase reprodutiva, etapa de pré-floração e enchimento de grãos, provoca abortamento e queda de flores e, conseqüentemente, redução no número de vagens por planta e no enchimento de grãos, apresentando maior sensibilidade à falta de água no solo (Monteiro et al., 2010).

Segundo Silveira & Stone (2001), a ocorrência de déficit hídrico durante a floração do feijoeiro provoca as maiores reduções de produtividade, sendo tanto maior essa redução quanto maior for o período em que a planta se submeter à seca.

Nas fases de floração e enchimento de grãos o feijoeiro é mais sensível à deficiência hídrica. A redução na produtividade sob estresse hídrico deve-se à baixa porcentagem de vingamento das flores quando o estresse ocorre na fase da sua abertura, causando o abortamento de óvulos e produzindo, assim, vagens chochas. Em condições de excesso de água no solo, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade são também prejudicados, pois a fase de início da frutificação é a mais sensível a má aeração do solo (Silva & Steinmetz, 2005).

O aumento da resistência ao movimento de água por meio das raízes, a diminuição da absorção de nutrientes, o aumento da concentração de substâncias tóxicas na planta, a diminuição do crescimento e do potencial de água na folha são

outros aspectos negativos que ocorrem quando há excesso de água. Além disso, há o favorecimento à incidência de doenças radiculares. Em condições de encharcamento, o aparecimento de raízes adventícias é muito comum e facilmente observado (Santana, 2008).

Esse autor também observa que o excesso de água no solo provoca redução da absorção de potássio e da nitrificação, aumento da desnitrificação e da lixiviação de nitratos e redução da absorção de nutrientes. A respiração para absorção iônica e para processos de transporte representava, aproximadamente, 60% do total da respiração radicular. Assim, uma redução da aeração do solo por excesso de água aplicada provocará redução da absorção de nutrientes.

2.4 Manejo da irrigação

De toda água utilizada no mundo, 70% é destinada à irrigação. Por isso, é fundamental que se evite ao máximo o desperdício desse recurso natural. Os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm se tornando uma das grandes preocupações das pesquisas sobre a agricultura irrigada. Mas, para que se tenha garantia de produção com qualidade e aumento de produtividade, principalmente em regiões onde há irregularidade na distribuição das chuvas, a irrigação se torna fator imprescindível e, por isso, tem-se observado o aumento da área irrigada em todo o mundo (Martins et al., 2010).

O uso racional da água na irrigação implica reduzir as perdas por evaporação, escoamento superficial, percolação, por exemplo. Um dos aspectos mais importantes a serem observados, no manejo da irrigação, é a uniformidade de distribuição de água pelo sistema, destacando-se que o coeficiente de uniformidade é influenciado, principalmente, pelo espaçamento entre aspersores, velocidade do vento e pressão de serviço (Mantovani et al., 2012).

Segundo esses autores, a distribuição da água aplicada pelos sistemas de irrigação por aspersão é um processo dividido por duas etapas: aplicação da água na superfície do solo ou da cultura e redistribuição da água aplicada no interior do solo. Apesar dos efeitos positivos da redistribuição da água no solo que, em alguns casos, pode anular os efeitos da desuniformidade de aplicação, deve-se considerar que a uniformidade do teor de água do solo e a produtividade das culturas irrigadas são

dependentes da uniformidade em que a água é aplicada durante a primeira fase desse processo.

Apesar do emprego de tecnologias modernas e obtenção de altas produtividades na cultura do feijoeiro, a eficiência de irrigação ainda deixa a desejar, pois pouco se faz em relação ao manejo de irrigação, uma vez que o produtor, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, geralmente faz uso de aplicação excessiva de água. Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, se a irrigação fosse utilizada de forma racional, cerca de 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação (Lima et al., 1999).

Como o custo de energia normalmente significa cerca de 7% do custo total de produção de feijão (FAEG, 2015), fazer o manejo correto da irrigação levaria a uma economia de cerca de 2,1% do custo total de produção. Por considerarem irrelevante essa economia, os produtores, em geral, acabam priorizando outros gastos que pesam mais no custo total, como por exemplo, adubação. Apesar dessa postura do produtor, o manejo correto da irrigação não tem como benefício somente economia de energia elétrica, mas pode, também, reduzir perdas de nutrientes por lixiviação, principalmente N e K, pela alta mobilidade no solo.

O manejo de irrigação vem sendo objeto de estudos em diversas pesquisas, porém os resultados obtidos ainda são pouco empregados no campo por agricultores irrigantes. Com a cobrança do uso da água será necessário um gerenciamento mais efetivo dos recursos hídricos nas propriedades rurais, a exemplo do dimensionamento correto dos sistemas de irrigação e da implantação do manejo adequado da água ao longo do ciclo de desenvolvimento das culturas, com o objetivo de evitar o desperdício de água e, conseqüentemente, da perda de nutrientes no solo.

Vários são os métodos para estimar a quantidade de água requerida pelo feijoeiro, sendo o Tanque Classe A um dos mais acessíveis aos irrigantes. Esse método integra variáveis meteorológicas e da cultura, além de fácil execução. O tanque pode ser instalado no campo, próximo à cultura. Normalmente, apresenta valores superestimados da evapotranspiração com incrementos significativos na produtividade do feijoeiro (Lopes et al., 2011).

Para Martins et al. (2010), são inúmeros os benefícios da agricultura irrigada, mas esses só podem ser alcançados com plenitude quando utilizados com sistemas de irrigação bem dimensionados, adequados às peculiaridades da cada área, solo e cultura a ser irrigada. Assim, com o uso racional da água, com critérios de manejo que resultem em aplicação desse recurso em quantidades compatíveis com as necessidades das culturas, evita-se desperdícios e os impactos oriundos da percolação profunda e do escoamento superficial.

- **Método do Tanque Classe A**

Dentre os vários métodos existentes para o manejo da irrigação o do Tanque Classe A tem sido amplamente utilizado em todo o mundo, devido, principalmente, ao seu baixo custo, à sua facilidade de operação e à possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada, apresentando resultados satisfatórios para a estimativa hídrica da cultura. Esse método é utilizado no manejo da agricultura irrigada, pois permite que o equipamento meça a evaporação de uma superfície de água livre associada aos efeitos integrados dos fatores climáticos, uma vez que a evaporação da água é influenciada por vários fatores do ambiente, tais como: temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, nebulosidade, insolação, localização geográfica e período do dia (Peixoto et al., 2012).

A Evapotranspiração de referência (ET_o) para a área onde o tanque está instalado é calculada mediante o ajuste adequado de uma correção, da evaporação da água livre no tanque (ECA), por um coeficiente denominado de K_p (coeficiente de tanque), cuja determinação é baseada nas informações da velocidade do vento, umidade relativa, extensão e condição da área de bordadura ao redor do tanque.

A evaporação da água livre no tanque (ECA) e a evapotranspiração da cultura (ET_c) são semelhantes apenas em seus aspectos físicos, em que para converter ECA em ET_c , devem ser considerados o coeficiente do Tanque Classe A (K_p) e o coeficiente da cultura (K_c) (Manos et al., 2012).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em um pivô central (Figura 4) com área, uniforme e plana, no total de 5,36 ha. A área experimental foi instalada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres (IF Goiano - Campus Ceres), situado na latitude $15^{\circ}21'0.51''\text{S}$, longitude $49^{\circ}35'55.10''$ e altitude de 600m, com temperatura média de $24,6^{\circ}\text{C}$ e pluviosidade média anual de 1601 mm. De acordo com a classificação de köppen, “o clima dessa região é do tipo AW. Isso significa que sua característica principal é ser tipicamente tropical quente e semi-úmido” (Kottek et al., 2006).



Figura 4. Área experimental com pivô central no IF Goiano - Campus Ceres.

Fonte: Google Earth, 2016.

No Laboratório de Análise do Solos do IF Goiano - Campus Ceres, foi realizada a análise das características do solo da área experimental, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da Análise do solo (0-20 cm profundidade) da área experimental. Ceres - GO, 2016.

Areia	Silte	Argila	pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+ Al	K	T	K	P	V	m
g/Kg			em H ₂ O	g/dm ³			cmol./dm ³				mg/dm ³		%	
369	98	533	6,10	14,5	2,20	1,38	0,00	2,20	0,41	6,19	158,9	31,20	64,44	0,00

SB – Soma de bases (SB = Ca + Mg + K); T – Capacidade efetiva de troca de cátions (t = CTC efetiva = SB + Al); T – Capacidade total troca de cátions (T = CTC total = SB + H + Al); V – Saturação por bases (V = 100. SB/T); m – Saturação por alumínio (m = 100.Al/t); M.O. (Método Colorimétrico); P, K (Mehlich⁻¹); Ca, Mg, Al (KCl 1mol/L); H + Al (Tampão SMP a pH 7,5).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, sendo que nas parcelas foram alocados os tratamentos relacionados com os níveis de irrigação (35, 70, 105 e 140% da evapotranspiração diária da cultura manejada pelo método do Tanque Classe A - TCA) e nas subparcelas os tratamentos relacionados às cultivares de feijão (BRS Estilo e IPR Uirapuru), com quatro repetições (Figura 5).

Cada repetição apresentava 5 m de comprimento e 3,5 m de largura, com 17,5 m² e área total de 560 m², compostas por cinco linhas de semeadura, duas de bordaduras e espaçadas de 0,50 m, com população de 240.000 plantas/ha.



Figura 5. Croqui da área experimental com pivô central no IF Goiano - Campus Ceres.

Fonte: Google Earth, 2016.

3.3 Instalação e condução do experimento

A semeadura (Figura 6) foi realizada no dia 20 de junho de 2015, para o primeiro ciclo e no dia 01 de junho de 2016, para o segundo ciclo. Em ambos os casos foi realizado o preparo da área experimental com arado e, em seguida, com grade niveladora, deixando pronta para a semeadura, na qual se utilizou 90 sementes por linha. Após a emergência e estabelecimento das plantas, foi realizado um desbaste, ajustando-se 12 plantas por metro linear.



Figura 6. Semeadura das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru na área experimental no IF Goiano - Campus Ceres.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Nos dois ciclos foram utilizadas sementes das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, as quais receberam tratamento com furazin 310 Fs (20 ml/10 kg de semente) e maxim XL (20 ml/10 kg de semente). A adubação de plantio foi realizada com 400 kg ha⁻¹ de 4-30-10. Aos 45 dias após a semeadura, realizou-se a adubação em cobertura com 266,66 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

O controle fitossanitário (Tabela 2) foi realizado preventivamente, buscando o manejo das principais doenças, pragas e plantas daninhas: antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), mosca branca (*Bemisia tabaci*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*), corda-de-viola (*Ipomoea sp.*), por exemplo. Foi realizada uma capina manual, aos 80 dias após a semeadura.

Tabela 2. Produtos aplicados no controle fitossanitário na cultura do feijão comum, 2016.

14 DAS	18 DAS	21 DAS	35 DAS	56 DAS	71 DAS
Fuzilade (0,6 L/ha)	Tiger (250 mL/ha → 250 L de calda/ha)	Fuzilade (0,6 L/ha)	Fuzilade (0,6 L/ha)	Fuzilade (0,6 L/ha)	Fuzilade (0,6 L/ha)
Actara (150 g/ha)	Actara (150 g/ha)	Recop (200g/100L)	Recop (200g/100L)	Recop (200g/100L)	Recop (200g/100L)
Keshet (300 ml/ha)	Recop (200g/100L)		Lorsban (1,0 L/ha)	Lorsban (1,0 L/ha)	Lorsban (1,0 L/ha)
Lorsban (1,0 L/ha)	Imidacloprid (105 g/ha)		Acetamiprid (300 g/ha)	Acetamiprid (300 g/ha)	Acetamiprid (300 g/ha)

DAS: dias após a semeadura.

3.4 Sistema de Irrigação

O experimento foi conduzido sob um sistema de pivô central da marca Krebs, modelo 3001- Analógico (Figura 7), com seleção digital da lâmina. O equipamento irriga uma área de 5,36 ha, cujos emissores, igualmente espaçados entre si, são distribuídos em duas torres.



Figura 7. Painel de controle do pivô central da marca Krebs, localizado no IF Goiano - Campus Ceres, 2016.

Fonte: Arquivo Pessoal.

A lâmina aplicada é selecionada diretamente, por meio do modo Digilamm® (lamímetro) do equipamento, o que possibilita obter maior precisão do volume aplicado na área. Para o giro completo da linha lateral do equipamento, o tempo varia de 2h06min a 21h34min, aplicando lâminas de 1,2 e 12,3 mm, respectivamente.

3.5 Teste de uniformidade do sistema de irrigação

O teste de uniformidade do pivô central foi realizado conforme a Norma Brasileira 14244 (1998) da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Com o auxílio de um teodolito para o alinhamento das hastes com os coletores, foram formados dois raios de coleta, partindo da base do pivô central. Entre os raios, respeitou-se uma distância angular de 6°. Utilizou-se 25 coletores por raio, com distância de 5m entre eles.

O equipamento era acionado antes dos coletores, de modo que houvesse tempo suficiente para que os emissores alcançassem vazão plena. Esse procedimento foi feito para as três coletas.

O uso do CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em percentagem) foi de acordo com o estabelecido por Bernardo et al. (2006) (Equação 1).

$$CUC = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N Li - Nm}{N \times Nm} \right] \times 100 \quad \text{Eq. 01}$$

Em que:

CUC – coeficiente de uniformidade, %;

N - número de coletores;

Li – lâmina coletada no ponto “i”, mm;

Lm – lâmina média de todas as observações, mm.

3.6 Manejo da Irrigação

As irrigações respeitaram um turno de rega fixo de dois dias, dado à capacidade de água disponível do solo e à lâmina máxima aplicada pelo pivô central. A diferenciação das lâminas se deu aos trinta dias após a emergência (DAE).

O método de manejo utilizado para condução do experimento foi o do Tanque Classe A. Utilizou-se um tanque de aço inoxidável (Figura 8-A), com 120,6 cm de diâmetro e 25,4 cm de altura. Utilizou-se um parafuso micrométrico (Figura 8-B), fabricado em aço inox, com rosca sem fim e graduado a cada 0,01 mm, diâmetro de 17 cm de 5/8, montado sobre um poço tranquilizador, com diâmetro de 9,5 cm e altura de 20,3 cm, montado em base sólida de aço inox, provido de três parafusos niveladores para manter a estabilidade da superfície da água no momento da medição da altura da lâmina evaporada. Os níveis máximo e mínimo de água no interior do tanque foi mantido entre 20,4 cm e 17,9 cm, respectivamente.



Figura 8. Tanque Classe A com micrômetro de gancho, utilizado para medir a evaporação da água, localizado na estação meteorológica do IF Goiano - Campus Ceres, 2016.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Medidas da evaporação foram utilizadas para a estimativa da evapotranspiração da cultura - ET_c (mm dia⁻¹), estimada de acordo com a metodologia apresentada em Pavani et al. (2009), pela seguinte equação:

$$ET_c = ECA \times K_p \times K_c$$

Eq. 02

Em que:

ET_c – Evapotranspiração da cultura (mm d^{-1});

ECA – Evaporação medida no Tanque Classe A (mm d^{-1});

K_p – Coeficiente de Tanque Classe A;

K_c – Coeficiente de cultura.

Seguindo metodologia descrita por esses autores, os valores de K_c corresponderam a 0,4, 1,15 e 0,35, para as fases de desenvolvimento inicial (K_{ci}), floração e enchimento de vagens (K_{cm}) e maturação (K_{cf}), respectivamente. Durante a fase inicial, o K_c foi sendo incrementado até atingir o valor de 1,15 aos 35 DAE que, para isso, obteve-se a diferença entre o K_{cm} e o K_{ci} e o resultado foi dividido pelo número de dias, cujo valor foi sendo adicionado ao valor do dia anterior. O mesmo procedimento foi utilizado para o K_c da fase final da cultura, dos 75 aos 85 DAE. Entretanto, o resultado da diferença entre K_{cm} e K_{cf} foi dividido pelo número de dias e subtraído do valor do dia anterior. A Tabela 3 mostra a variação do coeficiente de cultura ao longo do ciclo do feijoeiro.

Tabela 3. Variação do coeficiente da cultura ao longo do ciclo do feijoeiro, nos anos de 2015 e 2016.

DAE	Kc	DAE	Kc	DAE	Kc
1	0,4	31	1,15	61	1,15
2	0,43	32	1,15	62	1,15
3	0,45	33	1,15	63	1,15
4	0,48	34	1,15	64	1,15
5	0,50	35	1,15	65	1,15
6	0,53	36	1,15	66	1,15
7	0,55	37	1,15	67	1,15
8	0,58	38	1,15	68	1,15
9	0,60	39	1,15	69	1,15
10	0,63	40	1,15	70	1,15
11	0,65	41	1,15	71	1,10
12	0,68	42	1,15	72	1,04
13	0,70	43	1,15	73	0,99
14	0,73	44	1,15	74	0,94
15	0,75	45	1,15	75	0,88
16	0,78	46	1,15	76	0,83
17	0,80	47	1,15	77	0,78
18	0,83	48	1,15	78	0,72
19	0,85	49	1,15	79	0,67
20	0,88	50	1,15	80	0,62
21	0,90	51	1,15	81	0,56
22	0,93	52	1,15	82	0,51
23	0,95	53	1,15	83	0,46
24	0,98	54	1,15	84	0,40
25	1,00	55	1,15	85	0,35
26	1,03	56	1,15		
27	1,05	57	1,15		
28	1,08	58	1,15		
29	1,10	59	1,15		
30	1,13	60	1,15		

Na Figura 9, observa-se o valor do Kc – coeficiente de cultura em relação aos dias após a sementeira, ou seja, em função das fases do ciclo de crescimento do feijoeiro. No início da fase de reprodução o Kc apresenta valor maior (1,15) constante na maturação, em que começa um decréscimo chegando a 0,35.

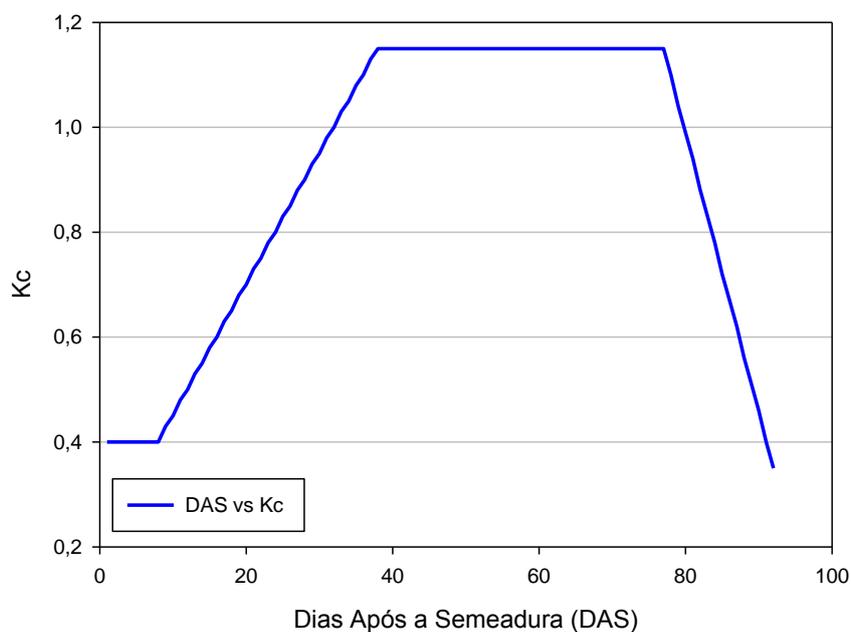


Figura 9. Coeficientes de cultura em função das fases do ciclo de crescimento do feijoeiro.

3.7 Parâmetros Avaliados

Foram avaliados os seguintes parâmetros de planta das cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, a fim de caracterizar a influência dos tratamentos das diferentes lâminas de irrigação: produtividade de grãos (PG), altura de planta (AP), número de vagens por planta (NVP), comprimento das vagens (CV), número de grãos por vagem (NGV) e peso de 1000 grãos (PMG). Todas as variáveis foram avaliadas ao final do ciclo da cultura, sendo coletadas 25 plantas por repetição.

- Altura de planta (cm): comprimento da maior haste de cada planta, mediante a determinação da distância entre o colo da planta e a extremidade mais alta da planta, com auxílio de uma fita métrica.
- O comprimento das vagens (cm): 10 vagens foram medidas, obtendo uma média dos valores.
- Número de vagens por planta: determinado pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas.

- Número de grãos por vagem: relação entre o número total de grãos e o número de plantas.
- O peso de 1000 grãos: amostras aleatórias de 100 grãos foram pesadas, em balança de precisão de 0,01 g e estimados os pesos de 1000 grãos de cada amostra.
- A produtividade: média de grãos obtida das 25 plantas coletadas, em kg ha^{-1} .

3.8 Análise estatística

Os resultados foram analisados pela comparação das médias por intermédio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade para as cultivares e por análise de regressão para as lâminas de irrigação. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software Estatístico SISVAR Versão 5.6 (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teste de uniformidade

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado por muitos o principal parâmetro que descreve a uniformidade de irrigação, sendo usado para medir a variabilidade espacial da lâmina de água aplicada pelo sistema de irrigação. Nas Tabelas 4 e 5 observa-se os resultados da uniformidade de distribuição de água (CUC) entre os dois raios de coleta do equipamento pivô central.

Tabela 4. Teste de uniformidade do pivô central (raio 1) no IF Goiano - Campus Ceres.

	Raio 1							
	Si	Li1	Li2	Li3	Si x Li	Raio 01 – Li1 Si x Li- ($\Sigma LiSi/\Sigma Si$)	Raio 01 – Li2 Si x Li- ($\Sigma LiSi/\Sigma Si$)	Raio 01 – Li3 Si x Li- ($\Sigma LiSi/\Sigma Si$)
1	3,50	3,5	1,9	3,5	3,5	1,70	1,70	0,10
2	1,2	3,0	1,5	2,4	2,4	-1,20	2,40	-0,60
3	1,6	0,8	2,0	4,8	4,8	-0,60	-3,00	0,60
4	1,9	2,1	2,0	7,6	7,6	0,40	1,20	0,80
5	1,7	2,0	1,7	8,5	8,5	-0,50	1,00	-0,50
6	1,7	1,8	2,3	10,2	10,2	-0,60	0,00	3,00
7	1,5	2,0	1,5	10,5	10,5	-2,10	1,40	-2,10
8	1,8	1,8	1,5	14,4	14,4	0,00	0,00	-2,40
9	1,9	1,7	2,0	17,1	17,1	0,90	-0,90	1,80
10	1,9	2,5	2,4	19,0	19,0	1,00	7,00	6,00
11	1,6	2,0	1,5	17,6	17,6	-2,20	2,20	-3,30
12	1,5	1,5	2,6	18,0	18,0	-3,60	-3,60	9,60
13	1,5	1,5	1,5	19,5	19,5	-3,90	-3,90	-3,90
14	1,7	1,5	1,8	23,8	23,8	-1,40	-4,20	0,00
15	1,4	2,0	2,1	21,0	21,0	-6,00	3,00	4,50
16	2,3	2,9	2,2	36,8	36,8	8,00	17,60	6,40
17	1,8	1,9	2,8	30,6	30,6	0,00	1,70	17,00
18	2,0	1,4	2,5	36,0	36,0	3,60	-7,20	12,60
19	1,9	2,1	1,4	36,1	36,1	1,90	5,70	-7,60
20	1,9	1,9	1,9	38,0	38,0	2,00	2,00	2,00
21	1,8	1,4	2,2	37,8	37,8	0,00	-8,40	8,40
22	2,4	2,1	2,0	52,8	52,8	13,20	6,60	4,40
23	1,6	1,2	1,4	36,8	36,8	-4,60	-13,80	-9,20
24	1,8	2,5	2,2	43,2	43,2	0,00	16,80	9,60
25	1,9	0,5	1,4	47,5	47,5	2,50	-32,50	-10,00
325	1,8	1,9	2,0	585	585	65,60	145,70	119,30

Si = Posição do emissor;

Li = Lâmina coletada (mm);

Li1, Li2 e Li3 = Passagens do pivô sobre os coletores.

Média raio 1 = 110,20

$$\text{CUC} = (1 - 110,20 / 617,5) \times 100$$

$$\text{CUC} = 81,16 \%$$

Tabela 5. Teste de uniformidade do pivô central (raio 2) no IF Goiano - Campus Ceres.

Raio 2							
Si	Li1	Li2	Li3	Si x Li	Raio 01- Li1 Si x Li- (Σ LiSi/ Σ Si)	Raio 01- Li2 Si x Li- (Σ LiSi/ Σ Si)	Raio 01 - Li3 Si x Li- (Σ LiSi/ Σ Si)
1	3,0	2,7	2,80	3,0	1,2	0,95	1,0
2	1,0	1,5	2,0	2,0	-1,6	-0,6	0,4
3	2,0	2,1	2,3	6,0	0,6	0,9	1,5
4	1,7	2,1	2,0	7,0	-0,2	1,2	0,8
5	1,8	2,0	2,0	9,0	0,0	1,0	1,0
6	1,8	2,0	2,5	10,8	0,0	1,2	4,2
7	1,8	2,0	1,5	12,6	0,0	1,4	-2,1
8	1,5	1,5	1,0	12,0	-2,4	-2,4	-6,4
9	2,2	2,0	1,5	20,2	4,0	1,8	-2,7
10	1,8	2,1	2,5	18,7	0,7	3,0	7,0
11	1,5	1,4	1,5	16,5	-3,3	-4,4	-3,3
12	1,2	1,3	1,5	14,4	-7,2	-6,0	-3,6
13	1,0	1,8	2,5	13,0	-10,4	0,0	9,1
14	2,0	2,3	3,0	28,0	2,8	7,0	16,8
15	1,9	2,0	2,0	28,5	1,5	3,0	3,0
16	2,0	1,9	2,5	32,0	3,2	1,6	11,2
17	1,5	2,0	2,0	25,5	-5,1	3,4	3,4
18	1,3	1,2	3,0	23,4	-9,0	-10,8	21,6
19	1,5	2,0	2,0	28,5	-5,7	3,8	3,8
20	1,0	1,0	2,5	20,0	-16,0	-16	14,0
21	2,1	1,9	1,6	44,1	6,3	2,1	-4,2
22	1,5	2,0	1,5	33,0	-6,6	4,4	-6,6
23	1,9	1,5	1,8	43,7	2,3	-6,9	0,0
24	1,8	2,0	1,5	43,2	0,0	4,8	-7,2
25	1,0	1,5	1,0	25,0	-20,0	-7,5	-20,0
325	1,8	2,0	2,0	520,1	120,8	90,0	154,2

Si = Posição do emissor;

Li = Lâmina coletada (mm);

Li1, Li2 e Li3 = Passagens do pivô sobre os coletores.

Média do raio 2 = 121,7

$$\text{CUC} = (1 - 121,7 / 617,5) \times 100$$

$$\text{CUC} = 79,20 \%$$

A média da uniformidade de distribuição de água (CUC) entre os dois raios de coleta foi de 80,18%. De acordo com a Norma Brasileira 14244 (1998) da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas -, pivôs com valor de CUC abaixo de 80% são classificados em ruins, de 80 a 84% regulares, 85 a 89% bons e acima de 90% em ótimos.

As condições climáticas como evaporação, temperatura do ar, umidade relativa e principalmente as condições locais do vento, podem ter interferido na média da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação.

4.2 Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação foi realizado, via Tanque Classe A. Na Figura 10, observa-se os valores da ECA e ETC para os dois ciclos de avaliação, anos de 2015 e 2016.

A Figura 10 apresenta os valores da evaporação de água livre no Tanque Classe A (ECA) e da ETC em 2015, para o período pós-emergência.

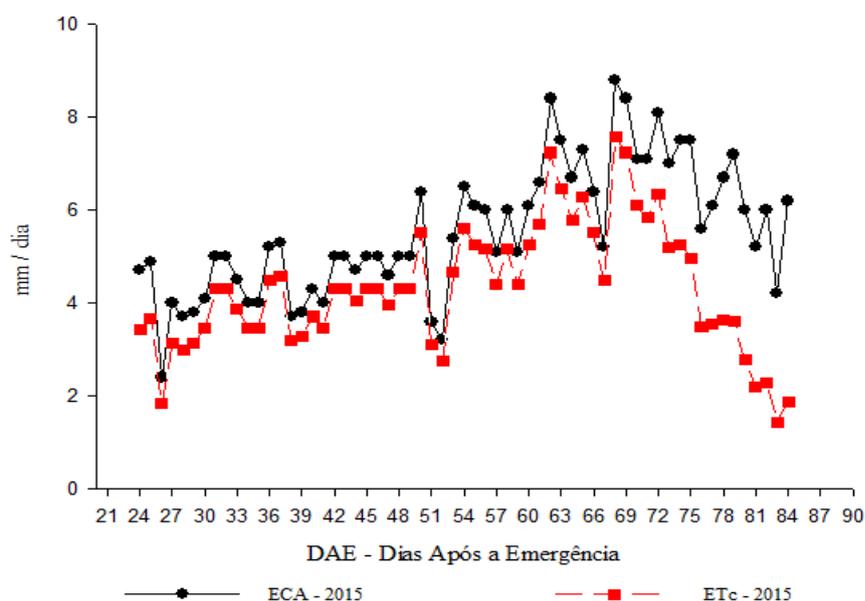


Figura 10. Dados da evaporação do Tanque Classe A e da evapotranspiração da cultura, de acordo com as fases do ciclo do feijoeiro - Desenvolvimento inicial (I), Floração (II), Enchimento (III) e Maturação (IV), para o ano de 2015.

No dia 31 de agosto, 68 dias após emergência (DAE), observou-se o maior valor de evaporação, 8,8 mm. O menor valor foi observado aos 26 dias após a emergência, sendo de 3,20 mm. Os valores mais elevados de ETc foram observados na fase III, durante os 60 a 70 dias após emergência, correspondendo a fase de enchimento dos grãos na qual a cultura apresenta maior exigência hídrica.

Conforme apresentado para o ano de 2015, na Figura 11, observa-se os valores da evaporação de água livre no Tanque Classe A (ECA) e da ETc os dias pós-emergência para o segundo ciclo, conduzido no ano de 2016.

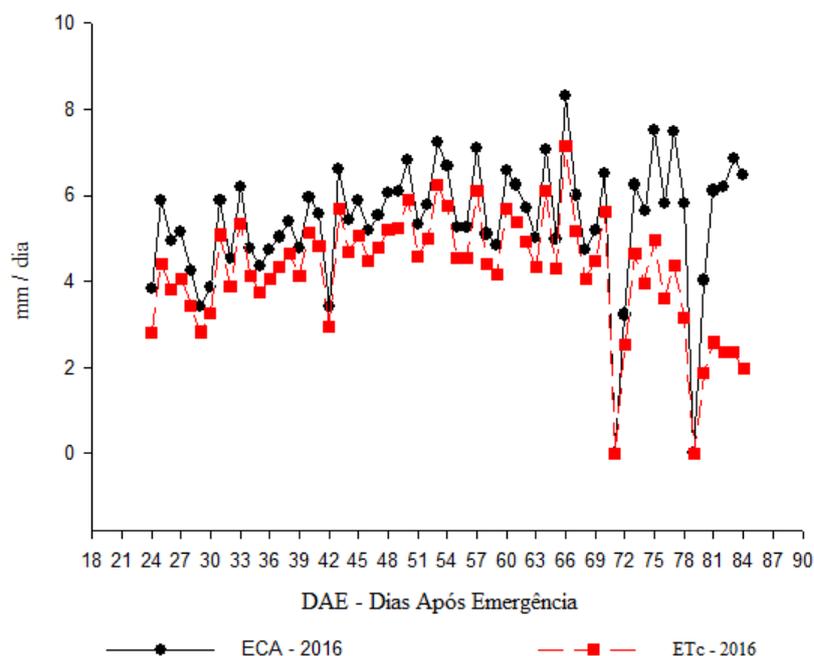


Figura 11. Dados da evaporação do Tanque Classe A e da evapotranspiração da cultura de acordo com as fases do ciclo do feijoeiro - Desenvolvimento inicial (I), Floração (II), Enchimento (III) e Maturação (IV), para o ano de 2016.

No dia 12 de agosto de 2015, 66 dias após emergência (DAE), observou-se o maior valor de evaporação, 8,3 mm. O menor valor foi observado no dia 18 de agosto de 2016, sendo de 3,22 mm. Aos 71 e 79 dias, entrando na fase de maturação (IV), ocorreram precipitações de 35 mm e 26 mm, respectivamente.

Na Tabela 6, são apresentadas as quatro lâminas de irrigação por ciclo, diferenciadas pelos percentuais da evapotranspiração da cultura, para ambas cultivares, respeitando um turno de rega de dois dias.

Tabela 6. Lâmina (mm) aplicada por irrigação e total (irrigação + precipitação), via pivô central.

Porcentagem da Etc	2015		2016	
	Irrigação (I)	(I+P)	Irrigação (I)	(I+P)
L1 (35%)	163,52 mm	163,52 mm	193,10 mm	254,1 mm
L2 (70%)	279,04mm	279,04 mm	310,14 mm	371,14 mm
L3 (105%)	394,56 mm	394,56 mm	427,18 mm	488,18 mm
L4 (140%)	510,08 mm	510,08 mm	544,22 mm	605,22 mm

Aos valores das lâminas aplicadas pela irrigação (I) somam-se as precipitações (P) ocorridas durante o experimento, nos anos de 2015 e 2016.

No estudo de Cruz et al. (2012), as lâminas que proporcionaram máxima produtividade para as cultivares Pérola, Alvorada, Majestoso e Madre Pérola foram respectivamente de 451,61 mm, 344,30 mm, 504,71 mm e 454,41 mm, próximos aos valores encontrados na lâmina com 105% da ETc.

Na Figura 12, podemos observar as lâminas de irrigação para 140%, 105%, 70% e 35% da ETc referente aos dias após a semeadura, em cada fase do desenvolvimento da cultura do feijoeiro.

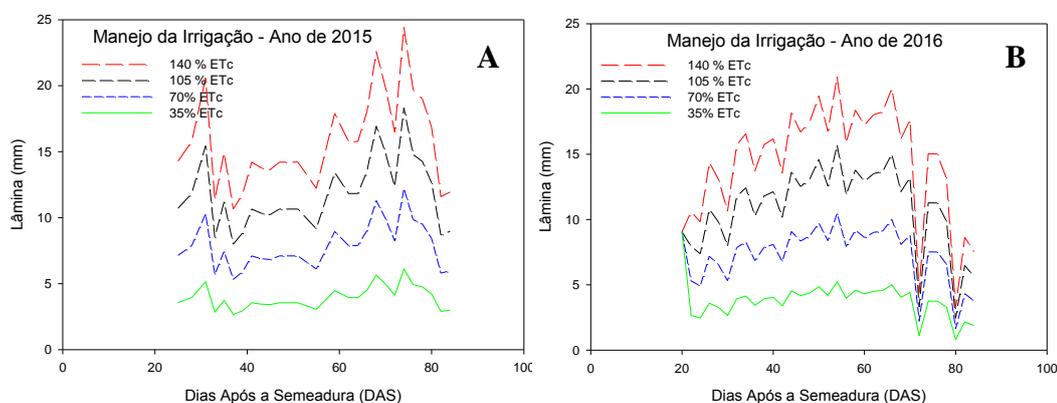


Figura 12. Lâminas de irrigação referente às porcentagens da Etc de acordo com os dias após a semeadura (DAS), para os anos de 2015 (A) e 2016 (B).

As maiores lâminas foram aplicadas na fase reprodutiva (em torno dos 45 aos 70 DAE), período no qual a exigência hídrica da cultura é mais acentuada. Em 2016, as lâminas de irrigação aplicadas foram maiores, pois a ECA e, conseqüentemente, a ETc apresentaram valores mais elevados do que no ano de 2015, principalmente entre os 40 a 60 dias após a semeadura.

4.3 Parâmetros avaliados

As variáveis produtividade de grãos, altura de planta, número de vagens por planta, comprimento das vagens, número de grãos por vagem e peso de 1000 grãos foram avaliadas ao final do ciclo da cultura.

Na Tabela 7, observa-se o resultado da análise de variância dos parâmetros agronômicos: altura de planta, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade do feijoeiro em função das diferentes lâminas de irrigação, no ano de 2015, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Quadrado médio das variáveis altura de planta, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade, em função das diferentes lâminas de irrigação, para o ano de 2015.

FV	AP	NVP	CV	NGV	PMG	PG
Lâmina	3764,120*	205,781 *	7,167 *	21,614 *	13096,864 *	5923204,125*
35%	53,16	10,25	6,65	2,00	232,50	612,75
70%	100,28	20,75	8,35	5,25	149,00	2359,50
105%	92,61	18,50	8,66	5,62	156,75	2338,50
140%	95,33	21,12	8,56	4,75	149,87	2301,00
Desvio	1699,242*	124,256 *	0,380 *	1,056 *	4483,806*	1226750,625 ^{ns}
Erro Lâm.	26,846	10,447	0,331	0,281	2305,947	131134,125
C.V.(%)	6,07	18,31	7,15	12,04	27,91	19,03
Cultivares	144,585 *	108,781 *	0,151^{ns}	0,781^{ns}	23490,281*	47278,125^{ns}
Interação	163,752 *	15,114^{ns}	0,213^{ns}	0,114^{ns}	6198,281^{ns}	56602,125ⁿ
Erro Cult.	22,335	5,181	0,098	0,214	2424,647	58704,525
C.V.(%)	5,54	12,89	3,90	10,51	28,62	12,73

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade.

Altura da planta (AP); número de Vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 1000 grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG).

Conforme a análise de variância, a 5% de probabilidade, houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação para todas as variáveis avaliadas. Entre as cultivares, a diferença estatística ocorreu para altura de planta, número de vagens por planta e peso de 1000 de grãos. Por fim, a interação entre as lâminas de irrigação com as cultivares de feijão revelou efeito não significativo em relação ao número de vagens por planta, comprimento de vagem (cm), número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade (kg ha^{-1}). A exceção foi a variável altura de planta que apresentou efeito significativo, nas condições avaliadas.

Perecin & Filho (2008) afirmam que se a interação for não significativa evidencia que os fatores são independentes, ou seja, o comportamento de um fator (cultivares) independe da variação de outro fator. Nesse caso, as conclusões em separado para os fatores são válidas. Representando graficamente, há uma tendência das retas serem paralelas quando a interação não é significante. No entanto, se uma interação for significativa indica que a resposta de um fator depende da presença ou ausência do outro. Nesses casos, uma das alternativas é estudar o comportamento de um fator dentro de cada nível de outro fator, em que nessa possibilidade, as retas não são paralelas e, inclusive, geralmente se cruzam.

Para o ano de 2016, segundo ciclo de avaliações, é possível identificar, conforme Tabela 8, o resultado da análise de variância dos parâmetros agrônômicos, altura de planta (cm), número de vagens por planta, comprimento de vagem (cm), número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função das diferentes lâminas de irrigação, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Quadrado médio das variáveis altura de planta, número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, peso de 1000 grãos e produtividade, do feijoeiro em função das diferentes lâminas de irrigação, para o ano de 2016.

FV	AP	NVP	CV	NGV	PMG	PG
Lâmina	3934,020*	178,614*	7,817 *	2,364 *	514,418 *	4358994,16*
35%	61,91	19,37	6,60	3,87	179,72	2034,86
70%	100,68	29,75	8,42	4,75	162,77	3539,84
105%	104,80	26,25	8,87	5,12	175,85	3507,19
140%	110,90	21,25	8,16	4,87	165,93	2570,22
Desvio	537,289 *	61,256 *	0,018 ^{ns}	0,006 ^{ns}	112,130 *	135521,76 ^{ns}
Erro Lâm.	18,818	19,059	0,106	0,336	128,848	543266.503
C.V.(%)	4,59	18,07	4,07	12,46	6,64	25,30
Cultivares	4,351 ^{ns}	357,781 *	0,877 *	5,281 *	13535,23*	3647106,30*
Interação	20,925 ^{ns}	3.281 ^{ns}	1,497 *	0,364 ^{ns}	264,606 ^{ns}	18371.949 ^{ns}
Erro Cult.	29,925	9,281	0,147	0,181	110,465	139108,962
C.V.(%)	5,78	12,61	4,80	9,14	6,1	12,80

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade;
 Altura da planta (AP); número de Vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 1000 grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG).

Pela análise de variância apresentada na Tabela 8, houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação para todas as variáveis avaliadas nos anos de 2015 e de 2016. Já entre as cultivares ocorreu diferença estatística para as variáveis avaliadas, exceto altura de planta do feijoeiro. A interação entre as lâminas de irrigação com as cultivares de feijão revelou efeito não significativo em relação às variáveis altura de planta, número e vagens por planta, número de grãos por vagem,

peso de 1000 grãos e produtividade, excluindo-se o comprimento de vagens, o qual apresentou efeito significativo, para a análise do ano de 2016.

A Figura 14 mostra a curva ajustada para a característica morfológica altura de planta, em relação aos valores de ambas cultivares para cada ano. A característica apresentou ajuste quadrático, conforme equação que segue.

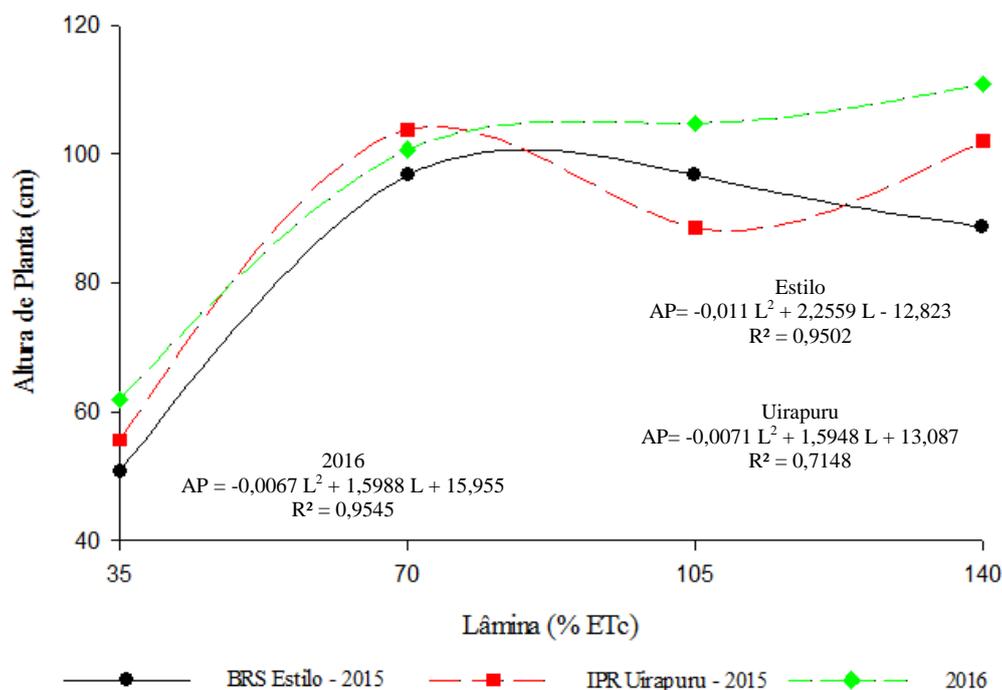


Figura 13. Altura de planta do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

Por meio das equações geradas, determinou-se a lâmina ótima de irrigação para as cultivares, para cada ciclo e para cada característica morfológica avaliada. No ano de 2015, as lâminas ótimas para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru foram 102,5% e 112%, correspondendo a alturas de planta de 102,8 e 102,6 cm, respectivamente. Para o ano de 2016, a lâmina que se mostrou mais eficiente foi a de 119,3%, correspondente a uma altura de planta (AP) de 111,3 cm (Figura 14).

Cunha et al. (2013), estudando diferentes lâminas no cultivo do feijoeiro com manejo via método do Tanque Classe A, obtiveram altura média das plantas, na colheita, igual a 0,69 m, com curva ascendente da menor para a maior lâmina de irrigação, com lâmina total de 407,39 mm no ciclo.

Em 2015, a característica morfológica número de vagens por planta apresentou ajuste linear e, em 2016, as lâminas diferenciam estatisticamente,

contudo, as equações linear e quadrática não se ajustaram, conforme equação apresentada na Figura 15.

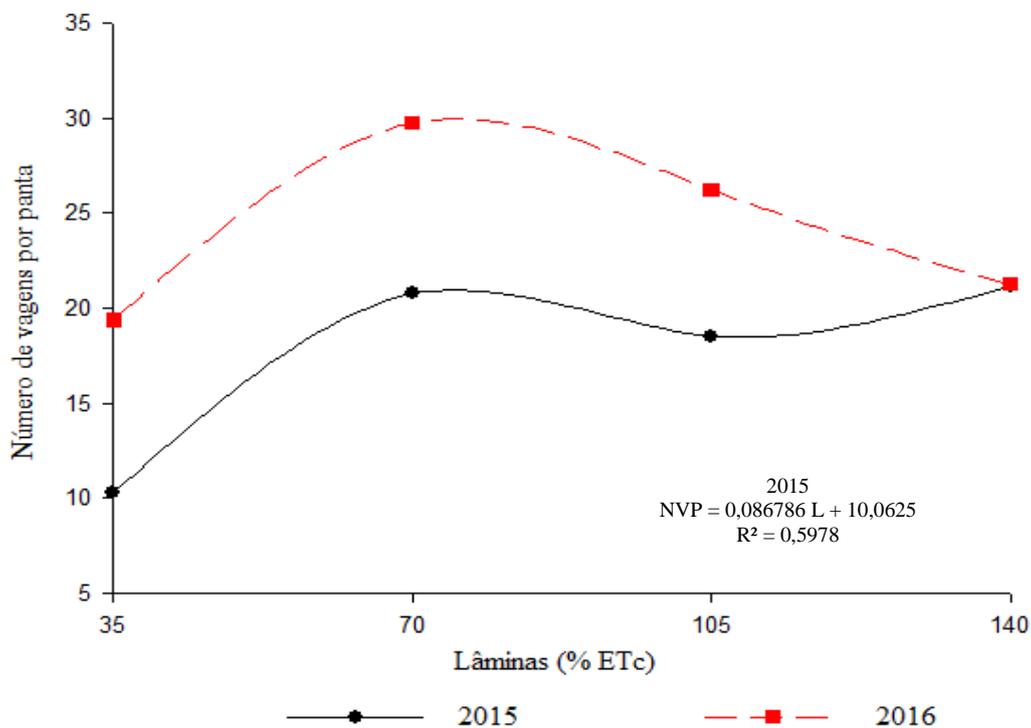


Figura 14. Número de vagens por planta do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

Para o número de Vagens por Planta (NVP), no ano de 2015, a “lâmina ótima” obtida foi de 115 %, resultando em 21,3 vagens por planta e, em 2016, de 89,5% com 29,26 vagens por planta.

A variável número de vagens por planta, no ano de 2015 apresentou ajuste quadrático e, em 2016, as lâminas diferenciam estatisticamente, todavia as equações linear e quadrática não se ajustaram, conforme equação apresentada na Figura 16.

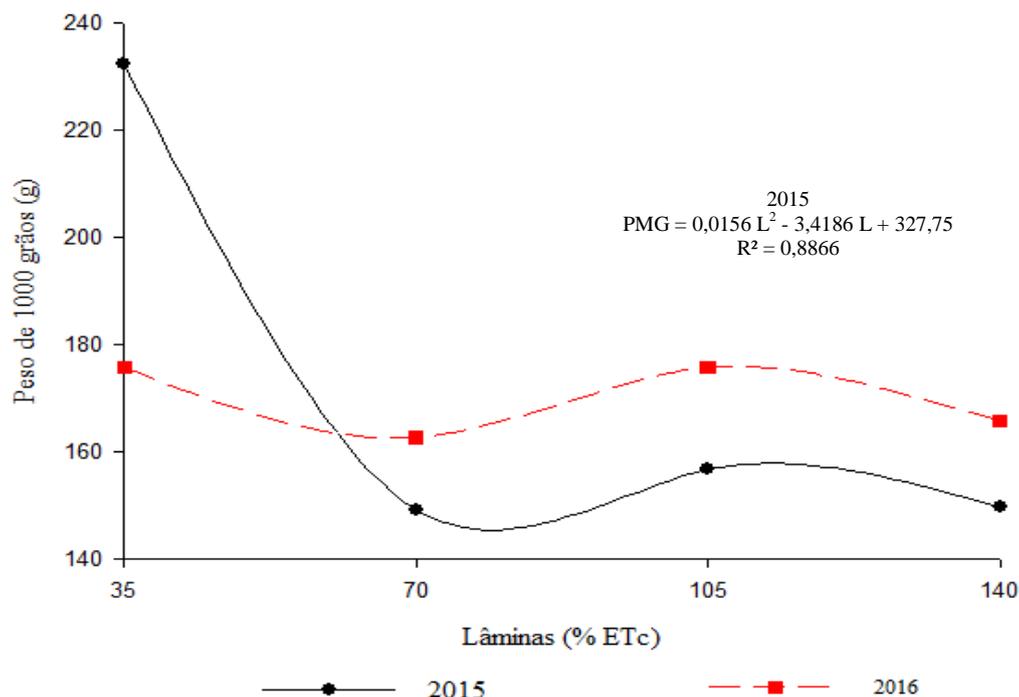


Figura 15. Peso de 1000 grãos (g) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

No ano de 2015, a maior média encontrada para PMG foi 232,5 g para a lâmina de 35%, havendo queda acentuada nas demais porcentagens, exceto na faixa da lâmina de 100% que houve um pequeno aumento. Em 2016, a tendência foi semelhante, entretanto o melhor resultado obtido foi 179,72 g.

Os melhores resultados de PMG encontrados na faixa da lâmina de 35% deve-se ao fato de terem apresentado a menor quantidade de vagens por planta, conseqüentemente, menor produtividade por planta, evidenciando que os grãos absorveram maiores quantidades de nutrientes, devido à baixa “competitividade” existente.

De acordo com IAPAR (2000), o peso médio de 1000 grãos da cultivar IPR Uirapuru é de 246 g, próximo ao valor encontrado neste estudo para o ano de 2015, o mesmo não ocorrendo no ano de 2016.

A característica morfológica comprimento de vagens apresentou ajuste quadrático, conforme equação apresentada na Figura 17.

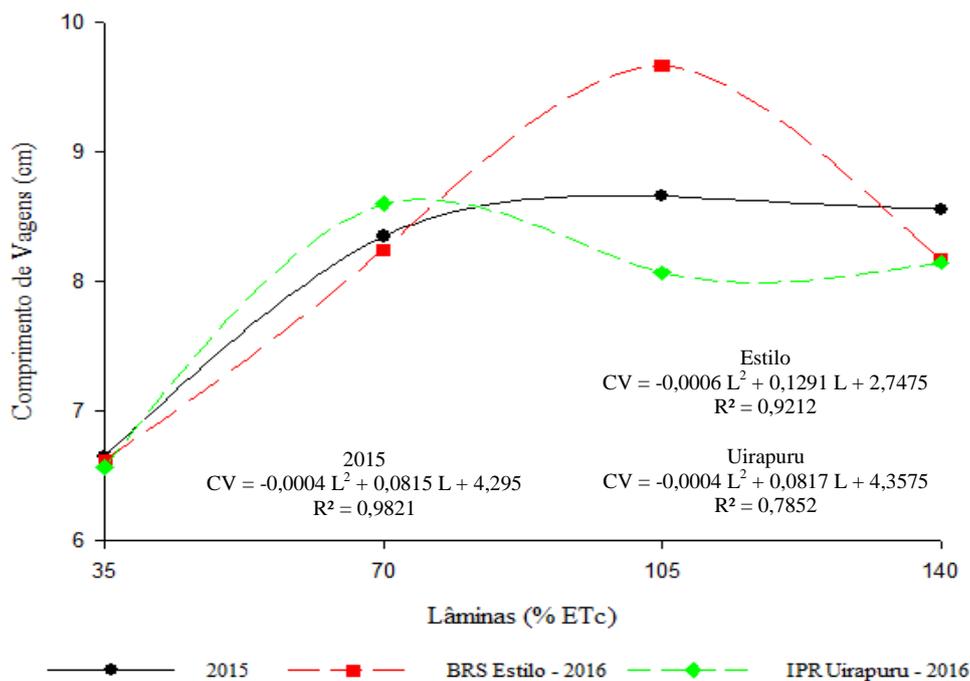


Figura 16. Comprimento de vagem (cm) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

A lâmina “ótima” para o ano de 2015 foi de 101% com 8,4 cm. Em 2016, para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru foram 107,5% com 9,6 cm e 102,1% com 8,5 cm, respectivamente.

A característica morfológica número de grãos por vagens apresentou ajuste quadrático, conforme equação apresentada na Figura 18.

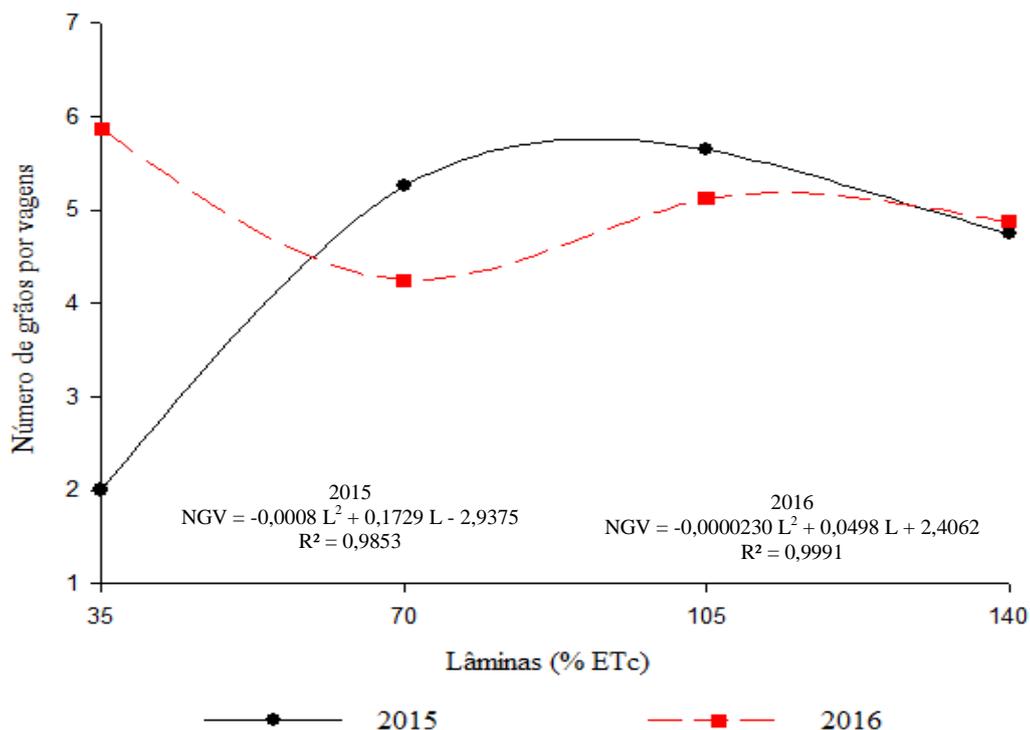


Figura 17. Número de grãos por vagem do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

A lâmina de 35% apresentou médias abaixo das demais, com dois grãos por vagem, no ano de 2015, constatando-se aumento dessa variável até 105% da lâmina de irrigação, com cerca de cinco grãos por vagem. Posteriormente, uma queda acentuada na faixa de 140%, com quatro grãos por vagem. A lâmina ideal para o ano de 2015 foi 107,5% e, em 2016, foi 91,6%, que corresponde a cinco e seis grãos por vagem.

Assim, como os resultados encontrados na análise de variância para os dois anos de ciclo, Cunha et al. (2013) também verificaram efeito significativo das lâminas aplicadas sobre o número de grãos por vagem. Esses resultados diferem dos obtidos por Santana et al. (2008), que avaliaram a reposição de água, variando de 40% a 160% da ETC. Esses autores constataram que tanto a falta quanto o excesso de água provocam malformação dos grãos, indicando que a disponibilidade hídrica adequada durante os estádios fenológicos do feijoeiro pode aumentar o número de óvulos fertilizados por vagem, o que propicia melhores rendimentos.

De acordo com Oliveira et al. (2010), o NGP é sensivelmente mais influenciado pelo tipo de manejo de irrigação com lâminas de irrigação,

principalmente quando o feijoeiro ocasionalmente passa por estresse hídrico na fase vegetativa.

Os resultados da produtividade da cultura do feijão nos anos de 2015 e 2016 (Figura 19), com as médias dos valores obtidos de ambas cultivares, evidenciaram diferença significativa entre as lâminas de irrigação. O melhor ajuste dos dados foi obtido por um polinômio quadrático para os dois ciclos.

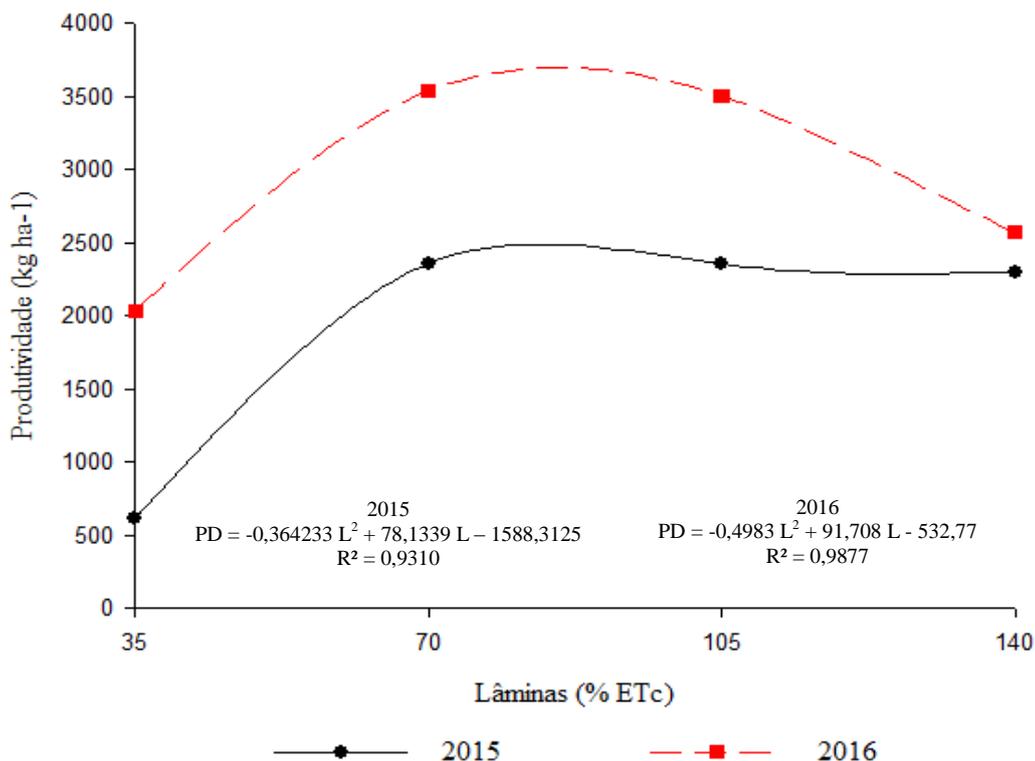


Figura 18. Produtividade (kg ha⁻¹) do feijoeiro para as cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru, para os anos de 2015 e 2016 em função das lâminas de irrigação.

Verifica-se que, com o menor nível de reposição hídrica, houve queda na produção, assim como a de 140% que apresentou uma queda acentuada em relação a lâmina de irrigação de 105%. Com isso, constatou-se que tanto o déficit de água quanto o excesso podem ocasionar queda de produtividade das cultivares. A lâmina ideal para o ano de 2015 foi 107,1% e, em 2016, foi 92%, obtendo produtividade de 2611,80 e 3685,90 kg ha⁻¹, respectivamente.

No estudo de Cruz et al. (2012), as lâminas excessivas prejudicaram a produtividade das cultivares Pérola, Alvorada, Majestoso e Madre Pérola, porém as lâminas que proporcionaram máxima produtividade para as cultivares foram

respectivamente de 451,61 mm, 344,30 mm, 504,71 mm e 454,41 mm. Melhores resultados foram encontrados para cultivar Pérola ao irrigar com 70% de reposição de água, podendo ser recomendada para o plantio.

Arf et al. (2004), após estudarem lâminas entre 100 e 300 mm durante o ciclo da cultivar IAC Carioca, afirmam que todas as lâminas de irrigação propiciaram produtividade de grãos semelhantes, contribuindo para um menor custo de irrigação.

As lâminas “ótimas” para os ciclos de cultivo dos anos de 2015 e 2016, apresentaram as maiores produtividades foram 395,56 e 488,18 mm, com produtividades de 2611,80 e 3685,90 kg ha⁻¹, respectivamente. Os valores obtidos estão próximos aos encontrados por Mantovani et al. (2012), que obtiveram maior produtividade de grãos com 90% de reposição da água, resultando em lâmina total de 418,16 mm no ciclo da cultura do feijoeiro. Costa et al. (2016), com a cultivar de feijoeiro “Ouro Vermelho”, obtiveram produtividade máxima de grãos de 3422 kg ha⁻¹, aplicando uma lâmina total de água, via irrigação de 346,0 mm, mais 40 mm de precipitação efetiva.

Torres et al. (2013) estudando reposição de água entre 40% e 160% da ETc, observaram maior produtividade, número de vagens por planta e número de grãos por vagem de feijoeiro, quando a reposição de água no solo foi realizada com 100% da evapotranspiração diária da cultura. Lopes et al. (2011), conduzindo experimento com feijoeiro em sistema de plantio direto, verificaram que o manejo de irrigação influenciou a NGV e PG do feijoeiro, destacando que o método do Tanque Classe “A” proporcionou PG acima de 3000 kg ha⁻¹, com lâmina total de 431 mm.

Lopes et al. (2014) concluíram que as lâminas líquidas (27%, 30% e 50%) não influenciaram o número de vagens por planta, número grãos por planta, número grãos por vagem, massa de 100 grãos, produção de grãos por planta e a produtividade de grãos da cultivar Pérola, uma vez que, apesar de turnos de regas e números de irrigação diferentes, a lâmina de irrigação total foi muito próxima, contribuindo para que o feijoeiro expressasse seu potencial produtivo de maneira semelhante em relação aos manejos de irrigação. Diferentemente dos resultados obtidos nos dois ciclos de estudo com lâminas líquidas de 35%, 70%, 105% e 40%, apresentando significância em relação as lâminas de irrigação .

Segundo Gomes et al. (2012), a produtividade (PROD) e os componentes número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (MCG) responderam de forma linear e crescente às lâminas de irrigação. A maior produtividade, 2224 kg ha⁻¹, foi obtida com aplicação da maior lâmina, igual a 333 mm.

Lacerda et al. (2014) também afirmam que as lâminas de reposição de água da evapotranspiração (ET_o) da cultura (25, 50, 75, 100 e 125 %) influenciaram a massa de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagens e produtividade da cultura.

Pavani et al. (2009), estudando a cultura do feijoeiro de 'inverno', submetida a métodos de manejo de irrigação em pivô central, por meio do Tanque Classe 'A', obtiveram 9,09 vagens planta, 3394,6 kg ha⁻¹ e massa de 1000 grãos com 275,46 g, resultados próximos aos encontrados no dois ciclos deste estudo.

Da mesma forma, Azevedo et al. (2011), avaliando o feijão caupi, observaram resposta significativa da produtividade, em função das lâminas aplicadas, com uma produtividade ótima estimada de 2.194 kg ha⁻¹ para uma lâmina estimada de 93% da ECA. Da mesma forma, no trabalho realizado em 2015 e 2016 mostraram que tanto o déficit quanto o excesso de água afetaram a produtividade.

No ano de 2015, os melhores resultados encontrados foram de 102,8 cm de altura e 102,6 cm para as cultivares BRS Etilo e IPR Uirapuru. Em 2016, a média maior da altura das plantas foi com 111,3 cm. Esses valores foram maiores do que encontrados por Sousa & Lima (2010), que avaliaram o efeito da deficiência hídrica sob a característica altura de plantas (cm) em feijoeiro cv. Carioca comum, com os valores de 43,75; 59,81; 64,75; 72,50 cm para a fase vegetativa, pré-floração, enchimento de grãos e maturação, respectivamente.

No trabalho realizado por Paiva et al. (2015), os quais avaliaram o efeito de lâminas de água e severidade de doenças, também verificaram que as lâminas com 120% da ET_c apresentaram maiores severidades para mancha de alternária e crestamento bacteriano comum (IAC Imperador); quando irrigadas com uma reposição estimada de 84% da ET_c houve maiores médias de produtividade do feijoeiro.

Santana et al. (2014), estudando a estimativa da produtividade e da evapotranspiração de cultivares de feijão irrigado, observaram que as lâminas que proporcionaram maiores produtividades foram para as cultivares Pérola, BRSMG

Madrepérola, BRSMG Majestoso e IAC Alvorada, sendo de 451,61; 454,41; 504,71 e 344,30 mm, respectivamente. As produtividades máximas encontradas foram 4.597,87 kg ha⁻¹ (Pérola); 4.546,27 kg ha⁻¹ (BRSMG Madrepérola); 4.253,39 kg ha⁻¹ (BRSMG Majestoso) e 3.958,50 kg ha⁻¹ (IAC Alvorada). Os resultados obtidos por esses autores foram superiores aos encontrados nos dois ciclos desse experimento, para a cultivares BRS Estilo e IPR Uirapuru.

Na Tabela 9, observa-se os valores médios das variáveis avaliadas, em que número de vagens, comprimento de vagens, número de grãos por vagem, produtividade e peso de 1000 grãos diferiram estatisticamente entre as cultivares para os dois anos (2015 e 2016).

Tabela 9. Valores médios das variáveis avaliadas das cultivares IPR Uirapuru e BRS Estilo, nos anos de 2015 e 2016.

Variável	2015		2016	
	BRS Estilo	IPR Uirapuru	BRS Estilo	IPR Uirapuru
AP (cm)	83,22 b	87,47 a	94,20 a	94,94 a
NVP	15,812 b	19,50 a	20,81 b	27,50 a
CV (cm)	8,12 a	7,98 a	8,18 a	7,8 b
NGV	4,25 a	4,56 a	4,25 b	5,06 a
PG (kg ha ⁻¹)	1864,50 b	1941,37 a	2575,433 b	3250,627 a
PMG	199,12 a	144,93 b	191,63 a	150,50 b

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Altura da planta (AP); número de Vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 1000 grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG).

No ano de 2015, houve diferença significativa em relação as cultivares IPR Uirapuru e BRS Estilo para as variáveis altura de planta, NVP, produtividade e PMG, em que a Uirapuru apresentou resultados melhores em todas a variáveis, exceto o PMG. Não houve diferença estatística nas variáveis comprimento de vagens e número de grãos por vagem.

Em 2016, houve diferença estatística para todas as variáveis avaliadas, com a cultivar IPR Uirapuru alcançado maiores valores quando comparada a cultivar BRS Estilo, na maioria das variáveis, exceto no comprimento das vagens e peso de 1000 grãos. Já a altura da planta do feijoeiro não houve diferença estatística.

Observa-se que a produtividade do ano de 2016 foi maior do que em 2015, pois no segundo ano as temperaturas foram mais elevadas, resultando em maiores níveis de ETc, conseqüentemente maiores lâminas de irrigação.

5 CONCLUSÕES

Todas as características analisadas foram influenciadas significativamente pela diferenciação das lâminas de irrigação, sendo as lâminas de 92% e 107,5% as que apresentaram maiores produtividades para os anos de 2015 e 2016, respectivamente.

A cultivar IPR Uirapuru apresentou produtividade superior em relação à BRS Estilo, para ambos os anos de estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arf, O.; Rodrigues, R. A. F.; Sá, M. E.; Buzetti, S.; Nascimento, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.2, p.131-138, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14244: Equipamentos de irrigação mecanizada: pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água, 1998.

Azevedo, B. M.; Fernandes, C. N. V.; Pinheiro, J. A.; Braga, E. S.; Campêlo, A. R.; Viana, T. V. A.; Neto, L. F. C.; Marinho, A. B. Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão *vigna* de cor preta. *Agropecuária Técnica*, v.32, n.1, p.152-159, 2011.

Barbosa, F. R. & Gonzaga, A. C. O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 248 p. (Documento 272).

Barili, L. D.; Vale, N. M.; Amaral, R. C.; Carneiro, J. E. S.; Silva, F. F.; Carneiro, P. C. S. Adaptabilidade e estabilidade e a produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. *Ciência Rural*, v.45, p.1980-1986, 2015.

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. UFV, 2006. 625p.

Bicalho, I. A cultura do feijão, 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA9IIAE/a-cultura-feijao>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008. Regulamento técnico do feijão, 2008. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.3 – Safra 2015/16 – n.10, Décimo Levantamento, p.1-179, 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017 – Levantamento 2016/2017. Conab, 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.2: safra 2014/15, n.12, décimo segundo levantamento, 2014. 134 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2015/16. v.3, n.3, 2015. 152p.

Costa, M. S.; Mantovani, E. C.; Cunha, F. F.; Aleman, C. C. Avaliação dos níveis de lâmina de irrigação no desempenho do feijoeiro cultivado na região da Zona da Mata, MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.10, n.4, p.799-808, 2016.

Cruz, O. C.; Santana, M. J.; Campos, T. M.; Souza, S. S.; Silva, F. M. Eficiência do uso de água para quatro cultivares de feijão na região de Uberaba-MG. IV WINOTEC - Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012.

Cunha, P. C. R.; Silveira, P. M.; Nascimento, J. L.; Alves Júnior, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.7, p.735-742, 2013.

EMBRAPA. Catálogo de cultivares de feijão comum. Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 24p.

EMBRAPA. Catálogo de Tecnologias. Embrapa Rondônia, 2013. 46p.

EMBRAPA. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014. Embrapa Arroz e Feijão, 2012.

FAEG - Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás. Estimativa de custo de produção - 2015. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/custo-de-producao-feijao-irrigado>>. Acesso em: 18 set. 2016.

Ferreira, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

Gomes, E. P.; Biscaro, G. A.; Ávila, M. R.; Loosli, F. S.; Vieira, C. V.; Barbosa, A. P. Desempenho agrônomico do feijoeiro comum de terceira safra sob irrigação na região Noroeste do Paraná. Semana Ciências Agrárias, v.33, n.3, p.899-910, 2012.

IAPAR. Principais características das cultivares de feijão com sementes, 2005. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>>. Acesso em: 7 jan. 2017.

IAPAR. Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado. Instituto Agrônomico do Paraná, 2000.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Informação técnicas para o cultivo do Feijoeiro comum na região central brasileira, 2011.

Kottek M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, v.15, n.3, p.259-263, 2006.

Lacerda, E. G.; Fernandes, H. C.; Teixeira, M. M.; Leite, D. M.; Haddade, I. R. Rendimento do feijoeiro em semeadura direta considerando-se a profundidade de adubação e lâminas de irrigação. *Engenharia na Agricultura*, v.22, n.3, 2014.

Lima, J. E. F. W.; Ferreira, R. S. A.; Christofidis, D. O uso da irrigação no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. Disponível em: <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80isperr5frxoq4.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

Lopes, A. S. ; Oliveira, G. Q.; Camacho, M. A.; Garcia, R.; Silva, M. G. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro. *Engenharia na agricultura*, v.22, n.4, 2014.

Lopes, A. S.; Oliveira, G. Q.; Filho, S. N. S.; Goes, R. J.; Camacho, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.51-56, 2011.

Manos, M. G. L.; Oliveira, M. G. C.; Martins, C. R. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Nordeste Brasileira 2012-2014. 17ª Reunião da Comissão Técnica Norte/Nordeste Brasileira de Feijão – CNTNBF, 2012.

Mantovani, E. C.; Montes, D. R. P.; Vieira, G. H. S.; Ramos, M. M.; Soares, A. A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina - GO para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.1, p.110-120, 2012.

Martins, E. S.; Resende, A. V.; Oliveira, C. G.; Furtini Neto, A. E. Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: Adão, B. L.; Lins, F. (Eds.). *Rochas e minerais industriais: usos e especificações*. p.205-221, 2010.

Martins, P. E. S.; Silva, E. R.; Santos, N. L.; Filho, M. A. F. L.; Galzerano, L. Práticas de manejo de irrigação como medida de conservação do solo e da água. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.10, p.1-19, 2010.

Melo, L. C. BRS Estilo: cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta associada com alto potencial produtivo. *Embrapa Arroz e Feijão*, 4p., 2009. (Comunicado Técnico 186).

Monteiro, P. F. C.; Filho, R. A.; Monteiro, R. O. C. Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agronômicas da cultura do feijão. *Irriga*, v.15, n.4, p. 386-400, 2010.

Paiva, I. A.; Oliveira, A. F.; Santana, M. J. Efeito da reposição de água no solo na severidade de doenças foliares e na produtividade do feijoeiro comum. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015.

- Pavani, L. C.; Lopes, A. S.; Pereira, G. T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo. *Agronomia Maringá*, v.31, p.453-459, 2009.
- Peixoto, T. D. C.; Levien, S. L. A.; Bezerra, A. H. F.; Silva, S. T. A. KpClasseASIM: uma ferramenta para estimativa do coeficiente do Tanque Classe A. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, n.4, p.296-320, 2012.
- Ribeiro, D. C. C.; Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Lima, H. C. R.; Teixeira, M. B.; SOARES, F. A. L. Avaliação de parâmetros técnicos em pivôs centrais instalados na região centro oeste de Goiás. IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012.
- Santana, M. J.; Carvalho, J. A.; Andrade, M. J. B.; Braga, J. C.; Gervásio, G. G. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. *Irriga*, v.13, p.92-112, 2008.
- Santana, M. J.; Lemos, L. B.; Souza, S. S.; Campos, T. M.; Silva, F. M.; Borges, R. D. Estimativa da produtividade e da evapotranspiração de cultivares de feijão irrigado. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.6, p.1089-1103, 2014.
- Santos, J. B. & Gavilanes, M. L. Botânica. In: Vieira, C.; Júnior, T. J. P.; Borém. (Ed.). *Feijão*. 2ª edição, p.41-65. UFV, 2011.
- Santos, J. S. & Gavilanes, M. L. Botânica. In: Viera. C.; Júnior.T. J. P.; Borém. (Ed.). *Feijão*. 2ª edição atualizada e ampliada. p.41-65, 2008.
- Silva, O. F.; Wander, A. E. Viabilidade econômica da cultivar de feijão comum BRS Estilo. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*, p.223-242, 2015.
- Silva, S. C.; Steinmetz, S. Clima. Santo Antônio de Goiás. Agência de informação EMBRAPA Feijão, 2005. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4AG01/arvoreAG01_203112002151101.html>. Acesso em: out. 2016.
- Silveira, P. M. S.; Stone, L. F. Irrigação do feijoeiro. *Embrapa Arroz e Feijão*, 2001. 230p.
- Sousa, M. A.; Lima, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca Comum. *Bioscience Journal*, v.26, n.4, p.550-557, 2010.
- Torres, J. L. R.; Santana, M. J; Neto, A. P.; Pereira, M. G.; Vieira, D. M. S. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. *Bioscience Journal*, v.29, n.4, p.833-841, 2013.
- Trindade, R. S. Melhoramento para resistência genética ao crestamento bacteriano comum em feijão comum e feijão-de-vagem: aspectos gerais, avanços, desafios e perspectivas. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer*, v.8, p.1204, 2012.