

Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo do feijoeiro

Márcio José de Santana¹, Matheus Pereira de Assis², Stephânia Martins Trindade³, Jan Cornelis van Kempen⁴, Nicolly Urzedo Carneio⁵

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Professor doutor em Irrigação e Drenagem. marciosantana@iftm.edu.br.

²IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. matheus.assis72@hotmail.com.

³IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Estudante de Engenharia Agrônômica. stephaniamtrindade@outlook.com.

⁴IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheiro Agrônomo, bolsista PET MEC. jankempen15@hotmail.com.

⁵IFTM, *Campus* Uberaba, Núcleo de Estudos em Manejo de Culturas Irrigadas (NUMAI). Engenheira Agrônoma, bolsista CNPq. nicollycarneiro1997@gmail.com.

Submetido em: 29/12/2020 | Aceito em: 15/03/2021

Resumo

A irrigação possibilita o aumento da produtividade na cultura do feijoeiro, porém, se manejada de forma inadequada, pode elevar o custo de produção e promover a lixiviação de nutrientes, principalmente do nitrogênio, nutriente que é fundamental para o desenvolvimento da cultura. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o rendimento do feijoeiro comum submetido a diferentes doses de nitrogênio e lâminas de água na região de Uberaba/MG. O experimento foi conduzido no IFTM – *Campus* Uberaba, em blocos casualizados, constituído por quatro níveis de irrigação (déficits de 15 %, 30 % e 45 % e um fator sem déficit hídrico) e quatro doses de nitrogênio (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹) aplicadas no estágio V4 do feijoeiro. A cultivar utilizada foi BRSMG Majestoso. Não ocorreu interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio para as variáveis estudadas. As doses de nitrogênio influenciaram somente o teor de nitrogênio foliar de forma linear. O déficit hídrico de 9,72 % foi favorável para atingir máximas produtividades de grãos e favorece o número de vagens por planta. A massa da planta em R6, massa de 100 grãos, hidratação e soma térmica decaíram linearmente com o aumento do déficit hídrico.

Palavras-chave: Manejo da irrigação. Déficit hídrico. *Phaseolus vulgaris* L.

Introdução

O Brasil concentra 50 % do produto interno bruto no agronegócio e ocupa a sexta posição entre as economias mais promissoras do mundo. Por isso, tem-se buscado cada dia mais uma produção sustentável de alimentos para atender às necessidades mundiais (SABUNDIJIAN *et al.*, 2016).

Entre as principais culturas produzidas no país, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em todas as regiões brasileiras, em três safras de cultivo, por apresentar uma alta adaptação climática, sendo fonte de renda para grandes e pequenos produtores, além de ser incontestavelmente de grande importância nutricional para os brasileiros. De acordo com dados da Conab (2019), a produção das três safras foi de 3,23 milhões de toneladas distribuídas em 2,927 milhões de hectares. Quando cultivado em uma época com restrição hídrica, o feijão necessita

de irrigação, para que consiga atingir seu pleno potencial produtivo.

Na busca pela eficiência produtiva do feijoeiro irrigado, o manejo do solo e da água possui destaque como componentes que necessitam de grande atenção (MORAIS *et al.*, 2017). Sabe-se hoje da importância de se utilizarem os recursos hídricos de forma consciente. Por isso, a irrigação deve ser manejada de forma correta visando atingir altos níveis de eficiência. Nas estratégias do manejo de irrigação, existem alguns aspectos que devem ser analisados: o momento a se aplicar, a quantidade a ser aplicada e a lâmina total aplicada durante o desenvolvimento da cultura (PACHECO *et al.*, 2016).

Quanto à adubação, o nutriente mais absorvido pelo feijoeiro é o nitrogênio, estando este elemento presente em diversas moléculas e processos fisiológicos da planta. A adubação nitrogenada influencia o aumento da área foliar

e, conseqüentemente, a maior absorção de luz e atividade fotossintética da planta, proporcionando maiores produtividades da cultura (SCHERER *et al.*, 2015). No entanto, as pesquisas relacionadas ao nitrogênio no cultivo do feijoeiro são muito controversas e variam de acordo com o manejo agrícola adotado (BERNARDES *et al.*, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o rendimento do feijoeiro comum submetido a doses de nitrogênio e lâminas de irrigação, na região de Uberaba/MG.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no *Campus* Uberaba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro localizado no município de Uberaba/MG, situado a 800 m de altitude com latitude de 19° 39' 19" S e longitude de 47° 57' 27" W. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, isto é, verão quente e chuvoso, inverno frio e seco, com temperatura média anual de 23,2 °C (VALLE JUNIOR *et al.*, 2010) e

precipitação média anual de 1584,2 mm ano⁻¹ (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES *et al.*, 2003).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC), sendo empregado esquema fatorial 4 x 4, constituído por 4 níveis de disponibilidade de água no solo (déficits de 15 %, 30 % e 45 % e um fator sem déficit hídrico) e 4 doses de nitrogênio (50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹) diferenciadas em cobertura no estágio V4 do feijoeiro, utilizando ureia como fonte deste nutriente. Foram empregadas 4 repetições, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída de 6 linhas de semeadura com 3 metros de comprimento. As plantas localizadas ao centro da área foram consideradas plantas úteis para coletas de dados (área de 1 m²).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, cujas características químicas foram analisadas pelo Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba/MG (TABELA 1). Todos os teores dos nutrientes foram corrigidos seguindo a recomendação de Chagas *et al.* (1999) para o nível NT4. O solo pertence à classe textura Franco Argilo Arenosa (TABELA 2).

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Características	Teores	Características	Teores
pH em CaCl ₂	5,8	H + Al (mmolc dm ⁻³)	16,0
P (mg dm ⁻³)	31,12	SB (mmolc dm ⁻³)	44,86
K (mmolc dm ⁻³)	2,96	T (mmolc dm ⁻³)	60,86
Ca ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	26,2	V (%)	73,21
Mg ²⁺ (mmolc dm ⁻³)	15,7	M.O. (g dm ⁻³)	17,8
Al ³⁺ (mmolc dm ⁻³)	0		

SB é a soma de bases trocáveis; T é a CTC a pH igual a 7,0; V é a saturação por bases; M.O. é a matéria orgânica no solo.

Fonte: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Tabela 2 – Resultados da análise física do solo (textura) da área experimental. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe
0-20	64	10	26	Franco Argilo Arenosa

Fonte: Laboratório de Análise de Solo – Labfert Uberaba, MG.

Na Tabela 3 constam as equações de ajuste das curvas características de retenção de água no solo para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

A partir do solo coletado por meio do cilindro de Uhland, verificaram-se valores de densidade

do solo de 1,18 g cm⁻¹ e 1,22 g cm⁻¹, para as respectivas profundidades 0 cm - 20 cm e 20 cm - 40 cm. A capacidade de campo foi de 0,23 cm³ cm⁻³ para a tensão de água no solo média de 10 kPa na camada de 0 cm - 20 cm e ponto de murcha permanente de 0,054 cm³ cm⁻³.

Tabela 3 – Resultados da caracterização hídrica do solo da área experimental. IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Camada (cm)	Equação	R2
0 – 20	$\theta = \frac{0,46}{\left[1+(1,4 * \Psi_m)^{4,707}\right]^{0,116}} + 0,078$	0,925
20 – 40	$\theta = \frac{0,375}{\left[1+(0,985 * \Psi_m)^{6,917}\right]^{0,127}} + 0,238$	0,958

θ =umidade volumétrica (cm³ cm⁻³); Ψ_m =potencial matricial (kPa).

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A cultivar utilizada no experimento foi a BRSMG Majestoso que apresenta hábito de crescimento indeterminado tipo III e grãos do tipo carioca. O sistema de preparo do solo foi o convencional, realizado com o auxílio de grade niveladora e a abertura dos sulcos por meio de cultivador, com hastes espaçadas a 50 cm. O experimento foi semeado em 16 de abril de 2017 com a densidade de 16 sementes por metro. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual e o controle de insetos e doenças no feijoeiro foi realizado conforme necessidade, com o uso de agrotóxicos registrados para a cultura. A colheita foi realizada em 7 de agosto de 2017 aos 92 dias após a semeadura da cultura.

Os dados meteorológicos foram obtidos por

meio de um termohigrômetro digital e um pluviômetro modelo *Ville de Paris* instalados no local do experimento e aferidos com os dados da estação meteorológica automática localizada no IFTM – *Campus* Uberaba.

A irrigação foi efetuada por quatro microaspersores instalados nas parcelas, com sobreposição de 50 % instalados a 20 cm do solo, com intensidade de aplicação de 7,5 mm h⁻¹. Hastes tensiométricas foram instaladas em cada tratamento para avaliar a tensão de água e a umidade do solo. A leitura dos dados foi realizada durante o período da manhã.

Para obtenção da Evapotranspiração de referência foi utilizada a equação 1 de Hargreaves e Samani (1985).

$$ET_o = 0,0023 (T_{méd} + 17,8) \times (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} \times Ra \times 0,408 \quad (1)$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); $T_{mín}$ = temperatura mínima (°C); $T_{máx}$ = temperatura máxima (°C); $T_{méd}$ = temperatura média (°C) e Ra = radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻²dia⁻¹).

Os dados referentes à radiação solar foram obtidos seguindo a recomendação de Doorenbos

e Pruitt (1975). Os valores de evapotranspiração da cultura no tratamento sem déficit hídrico

foram obtidos por meio das equações 2 e 3, sendo que as demais lâminas de irrigação obedeceram à proporção de cada tratamento.

$$ETc = ETo \times Kc \times Ks \quad (2)$$

em que: ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}); Kc = coeficiente da cultura (adimensional) e Ks = coeficiente de umidade (adimensional).

$$LB = LL/Cu \times Ea \quad (3)$$

em que: LB = lâmina bruta de irrigação (mm); LL = lâmina líquida de irrigação, considerada a ETc estimada (mm); Ea = eficiência de aplicação do sistema (decimal) e Cu = coeficiente de uniformidade do sistema (decimal).

O coeficiente da cultura adotado foi proposto por Santana (2007). Durante todo o período de condução do experimento foi admitido o valor de 1 (um) para o coeficiente de umidade do solo e para ambos os parâmetros de eficiência de aplicação e coeficiente de uniformidade do sistema o valor de 0,85 foi aplicado na fórmula.

Para a realização da soma térmica foi considerado o método de Arnold (1959), com registro por parcela quando pelo menos 10 plantas tivessem mudado de fase fenológica. A temperatura base superior considerada foi de 35 °C e a inferior de 10 °C. O método foi calculado conforme equação 4.

$$GD = \{[(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2] - T_{\text{base}}\} \quad (4)$$

em que: GD = graus-dia acumulado (°C); $T_{\text{máx}}$ = temperatura diária média máxima do ar (°C); $T_{\text{mín}}$ = temperatura diária média mínima do ar (°C); T_{base} = temperatura abaixo da qual as plantas não se desenvolvem.

A hidratação de grãos foi determinada por meio da metodologia descrita por Durigan (1979), assim, em cada béquer com capacidade de 250 mL foram adicionadas 50 gramas de grãos previamente escolhidos e 200 mL de água destilada. Durante um tempo de 12 horas, foram realizadas as avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos. Ao final do tempo previsto para a hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como sendo a razão entre a massa após a hidratação e a massa inicial dos grãos.

Outros parâmetros foram avaliados como: produtividade de grãos, massa de 100 grãos, massa da planta em R6, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, eficiência do uso da água (E.U.A) e teor de nitrogênio foliar. Os valores de

produtividade e massa de 100 grãos foram corrigidos para a umidade de 13 %.

Todos os parâmetros foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014), sendo os efeitos dos tratamentos quando significativos a 5 % de probabilidade, estudados por meio de análise de regressão.

Resultados e discussão

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de tensão de água no solo e a lâmina total aplicada em cada tratamento. Analisando-se os dados de tensão de água no solo, não se observa diferença entre os déficits hídricos, com os valores variando de 12,83 kPa a 16,32 kPa.

Tabela 4 – Tensão de água no solo e lâminas aplicadas no experimento. IFTM – *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

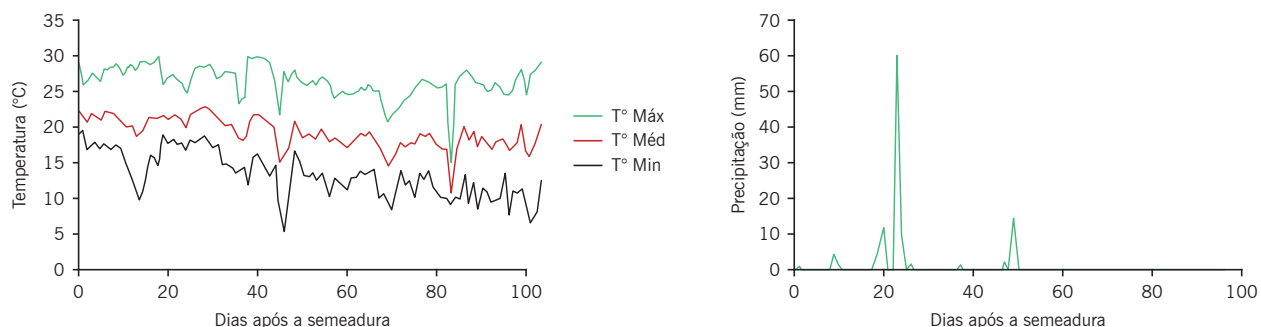
Déficit Hídrico (%)	Tensão média de água no solo (kPa)	Lâmina aplicada (mm)
0	12,83	472
15	13,56	433
30	16,32	394
45	14,17	354

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Devido à realização de irrigação diariamente na condução do trabalho, o valor das tensões de água no solo permaneceu próximo da capacidade de campo, em torno de 10 kPa. Em estudo conduzido por Brito (2014), que avaliou diferentes tensões de água no solo (30 kPa, 40 kPa, 50 kPa, 60 kPa e 70 kPa) no cultivo do feijoeiro comum, observou-se que a tensão de 30 kPa

proporcionou incrementos positivos na produtividade do feijoeiro.

Após a realização dos cálculos foram obtidas as lâminas aplicadas em cada déficit na condução do experimento. Durante o desenvolvimento da cultura, ocorreu uma precipitação acumulada de 125,22 mm (FIGURA 1). Pode-se observar que 24 dias após a semeadura do feijoeiro ocorreu uma precipitação de 60,19 mm.

Figura 1 – Temperatura (máxima, média e mínima) e precipitação na área experimental do IFTM - *Campus* Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Somando-se a precipitação durante a condução do experimento, foram verificadas as lâminas de 472 mm, 433 mm, 394 mm e 354 mm aos respectivos déficits de 0 %, 15 %, 30 % e 45 %. Segundo Cunha *et al.* (2013), em experimento analisando diferentes formas de manejo de irrigação (Tanque classe A, Tensiometria e Penman-Monteith), com as lâminas correspondentes a 407,39; 272,04 e 341,63, foi observado que a maior lâmina proporcionou a maior produtividade da cultura.

As umidades relativas do ar máxima, mínima e média durante o desenvolvimento da cultura foram de 52,62 %; 72,80 % e 92,06 %, respectivamente. A temperatura no período de desenvolvimento da cultura variou de 5,60 °C a 29,90 °C, sendo que a temperatura média durante a condução do experimento foi de 19,1 °C (FIGURA 1). O valor de temperatura recomendado para o pleno desenvolvimento do feijoeiro é de 29 °C durante o dia e 21 °C durante a noite. Temperaturas acima de 35 °C são prejudiciais

à cultura, podendo afetar sua produtividade (GONZAGA *et al.*, 2014).

Na Tabela 5, encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis: produtividade de grãos, massa de 100 grãos, massa em R6, número de vagens por planta (NVP), soma térmica, número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), hidratação dos grãos, eficiência do uso da água (EUA) e teor de nitrogênio foliar (N Foliar). Verificou-se diferença

estatística para os déficits ($p < 5\%$) para massa em R6 e número de vagens por planta (NVP). Para as variáveis produtividade de grãos, massa de 100 grãos, hidratação, soma térmica, eficiência do uso da água (E.U.A) e teor de nitrogênio foliar, observou-se diferença estatística ($p < 1\%$). Não ocorreu interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio e efeito das doses de nitrogênio para nenhuma variável estudada.

Tabela 5 – Resumo do quadro de Análise de Variância para as variáveis: produtividade de grãos (Prod.), massa de 100 grãos, massa em R6, número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGV), hidratação, soma Térmica, eficiência do uso da água (EUA) e teor de nitrogênio foliar (N Foliar). IFTM - Campus Uberaba. Uberaba/MG, 2017.

FV1	GL2	Prod.	Massa de 100 grãos	Massa em R6	NVP	Soma Térmica
Déficit (D)	3	0,0000 ⁴	0,0000 ⁴	0,0460 ⁵	0,0500 ⁵	0,0000 ⁴
Dose de Nitrogênio (N)	3	0,9870 ^{ns}	0,4899 ^{ns}	0,6791 ^{ns}	0,1193 ^{ns}	0,1454 ^{ns}
D x N	9	0,6983 ^{ns}	0,6882 ^{ns}	0,8325 ^{ns}	0,7391 ^{ns}	0,3411 ^{ns}
Média geral		4174,24 kg ha ⁻¹	24,78 g	22,89 g	15,69	855,51°C
CV ³ (%)		21,23	11,3	23,46	29,36	1,75
FV1	GL2	NGP	NGV	Hidratação	E.U.A	N Foliar
Déficit (D)	3	0,1865 ^{ns}	0,6081 ^{ns}	0,0004 ⁴	0,0067 ⁴	0,5757 ^{ns}
Dose de Nitrogênio (N)	3	0,4048 ^{ns}	0,1101 ^{ns}	0,5642 ^{ns}	0,9817 ^{ns}	0,0000 ⁴
D x N	9	0,4503 ^{ns}	0,2712 ^{ns}	0,8306 ^{ns}	0,6537 ^{ns}	0,8373 ^{ns}
Média geral		85,92	5,40	1,61	10,06	31,77
CV ³ (%)		31,13	15,39	9,54	21,63	12,25

¹ fontes de variação; ² grau de liberdade; ³ coeficiente de variação; ⁴ significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F; ⁵ significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A produtividade não sofreu influência das doses de nitrogênio aplicadas na condução do experimento, possivelmente devido à aplicação ter sido realizada em V4 e as chuvas ocorridas no período. Esse resultado corrobora o trabalho realizado por Pacheco *et al.* (2016) no município de Aquidauana/MS, no qual os autores também não observaram efeito significativo das doses (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹) de nitrogênio. Alguns autores, como Guimarães *et al.* (2017) e Sabundjian (2013), também não verificaram diferenças estatísticas nas doses de

nitrogênio para produtividade de grãos do feijoeiro. Por outro lado, Kolling e Ozelame (2017) verificaram que para cada 10 kg de nitrogênio aplicados, houve um incremento na produtividade da cultura de 14 kg ha⁻¹.

Amaral *et al.* (2016), em experimento realizado na cidade de Jaboticabal/SP, avaliaram cinco doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹) e observaram que as doses influenciaram a produtividade de grãos do feijoeiro, em que a

aplicação de 136 kg ha⁻¹ propiciou 2565 kg ha⁻¹ de produtividade.

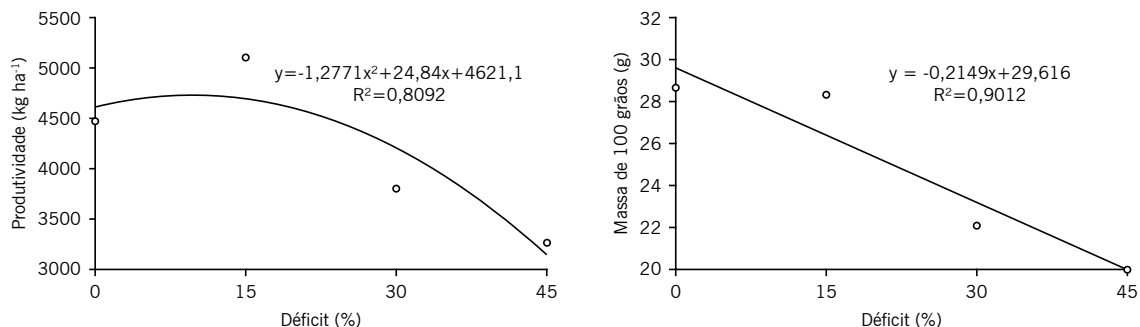
Em trabalho realizado, Moreira *et al.* (2013), analisando doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹) no feijoeiro irrigado, verificaram incremento linear ocasionado pelas doses de nitrogênio em semeadura no rendimento dos grãos, em que para cada kg deste nutriente ocorreu um incremento de 3,679 kg ha⁻¹ nessa variável, sendo o rendimento máximo de 2.404 kg ha⁻¹.

Sabundjian *et al.* (2016) testando doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹, em cobertura com a aplicação em área total de *Rhizobium tropici*, verificaram efeito significativo para produtividade de grãos no primeiro ano de condução do experimento com o ponto máximo

de produção utilizando 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio; no entanto, no segundo ano de condução o autor não encontrou diferenças estatísticas com as doses de nitrogênio, mostrando a dificuldade da dinâmica no manejo desse nutriente.

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito significativo sobre a produtividade de grãos. O déficit de 9,72 % é o indicado para atingir os maiores valores de produtividade (FIGURA 2). Segundo Aleman e Mignacca (2015), para a cultivar Pérola, com os níveis de reposição de água no solo de 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 125 % e 150 %, a máxima produção dos grãos foi com a reposição de 75 % de água no solo, mostrando o efeito benéfico do déficit hídrico na produtividade dos grãos.

Figura 2 – Produtividade e massa de 100 grãos em função do déficit hídrico. Uberaba, MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Em trabalho conduzido por Sales *et al.* (2017), foi verificado que a maior produtividade da cultivar BRSMG Majestoso foi de 3422,19 kg ha⁻¹, com uma lâmina de 226,96 mm, sendo esta lâmina menor cerca de 29 % da lâmina de maior valor utilizada no experimento. Peres (2014), analisando coinoculação e lâminas de irrigação (100 % e 75 %), verificou que a lâmina de 75 % proporcionou produtividade igual ou superior à lâmina de 100 % no cultivo outono/inverno.

Torres *et al.* (2013), avaliando diferentes coberturas do solo e lâminas de irrigação (40 %, 70 %, 100 %, 130 % e 160 % da

evapotranspiração diária), também verificaram uma maior produtividade de grãos quando utilizada a reposição de 100 %.

A massa de 100 grãos também foi influenciada pelas lâminas de irrigação (FIGURA 2), verificando-se relação inversamente proporcional entre peso dos grãos e déficit hídrico; a cada aumento unitário do déficit hídrico, ocorreu uma redução de 0,72 % na massa dos grãos. Esses resultados são similares aos de Moraes *et al.* (2017), em que o aumento do déficit resultou num menor peso de grãos por planta; no estudo, para cada 1 % de aumento na reposição hídrica, ocorreu um aumento de 3,54 % no peso dos grãos.

O fato de o nitrogênio não ter afetado a massa de 100 grãos também foi verificado por Kolling e Ozelame (2017), que utilizando as doses de 0 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹ e 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio não verificaram efeito sobre a massa das sementes. Outros autores também não encontraram diferenças no efeito da dose de nitrogênio na massa de 100 grãos, como Moreira *et al.* (2013), Guimarães *et al.* (2017) e Sabundjian *et al.* (2016).

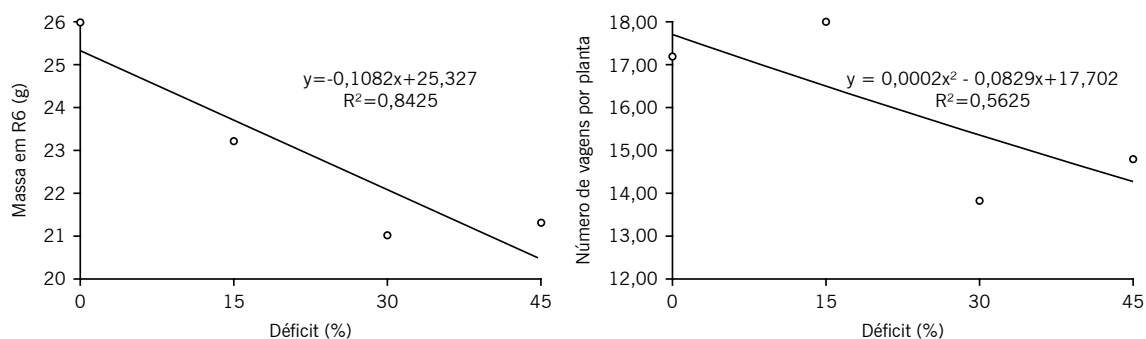
A massa da planta em R6 também não foi influenciada pelas doses de nitrogênio, resultado semelhante ao de Silva, Silva e Trevisam (2017a), em experimento avaliando a interação entre nitrogênio e enxofre, utilizando as doses de 80 mg dm⁻³ e 120 mg dm⁻³ de nitrogênio observaram-nas quais não se observou efeito significativo desse nutriente na matéria seca da parte aérea, tendo como média geral a produção de 9,77 g vaso⁻¹.

Em trabalho no qual se avaliou época de aplicação e doses de 0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, Scherer

et al., (2015) verificaram diferenças estatísticas para matéria seca do feijoeiro, sendo recomendada a dose de 120 kg ha⁻¹, parcelada aos 15 e 30 dias após a emergência. Schoninger *et al.* (2015) também observaram incremento linear na massa seca da parte aérea ao utilizarem as doses de 0 N ha⁻¹, 40 N ha⁻¹ e 80 kg de N ha⁻¹ de nitrogênio na cultivar BRS Requite.

O déficit hídrico proporcionou efeito nessa variável, da mesma forma que no peso de 100 grãos, sendo inversamente proporcional e, para cada aumento em 1 % do déficit hídrico, ocorreu redução 0,42 % na massa da planta (FIGURA 3). A variável massa da planta está interligada com o peso de 100 grãos, pois quanto menor o peso da planta, menor será o seu aporte, número e tamanho de folhas, acarretando uma menor capacidade fotossintética e conseqüentemente um menor enchimento de grãos. O déficit hídrico na cultura promove diminuição da absorção de nutrientes e mudança no comportamento do metabolismo da planta, o que pode ter provocado queda nas médias das variáveis mencionadas.

Figura 3 – Massa seca da planta em R6 e número de vagens por planta em função do déficit hídrico. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O número de vagens sofreu efeito dos níveis de déficits hídricos, na condução do experimento, o déficit de 15 % resultou em uma média de 18 vagens por planta (FIGURA 3). Esse resultado contribuiu para explicação da produtividade dos grãos, pois o número de vagens por planta influenciou diretamente essa variável; logo o déficit proporcionou um maior número de vagens

e, conseqüentemente, uma produtividade maior. Em trabalho realizado por Peres (2014), analisando-se a coinoculação e lâminas de irrigação de 100 % e 75 %, verificou-se que o déficit de 15 % proporcionou o maior valor para essa variável em experimento conduzido no ano de 2013.

Segundo Torres *et al.* (2013), o número de vagens foi maior quando utilizada a reposição

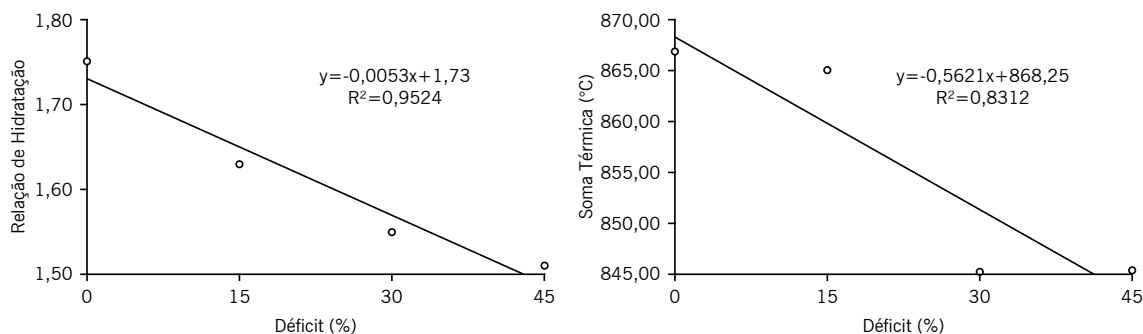
de 100 %. Souza (2016), em estudo com as doses de 0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹, observou incremento linear ocasionado pelas doses de nitrogênio no número de vagens por planta.

Nas condições do experimento, o número de grãos de vagem médio foi 5,4, não sendo influenciado pelos fatores estudados (TABELA 3). A variável número de grãos por planta também não sofreu influência das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação, observando o valor médio de 85,02 (TABELA 5). Sabundjian *et al.* (2016), testando doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹, também não verificaram

efeito significativo do nitrogênio sobre o número de grãos por planta.

A relação de hidratação foi significativa para os déficits hídricos (FIGURA 4) e, com o aumento do déficit, ocorreu redução na relação de hidratação, para a qual foram observados valores entre 1,75 e 1,51. Esse resultado pode ser explicado com o auxílio da massa de 100 grãos, que apresentou o mesmo comportamento ao ser analisada. Com o aumento do déficit, ocorreu diminuição na massa dos grãos e, conseqüentemente, diminuição no seu tamanho, pois quanto menor o tamanho do grão, menor sua capacidade de hidratação.

Figura 4 – Relação de hidratação e soma térmica em função do déficit hídrico. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Amaral *et al.* (2016), analisando as doses de 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹, não observaram diferença no tempo para hidratação e, após o intervalo entre 15 horas e 13 horas, notou-se a máxima hidratação.

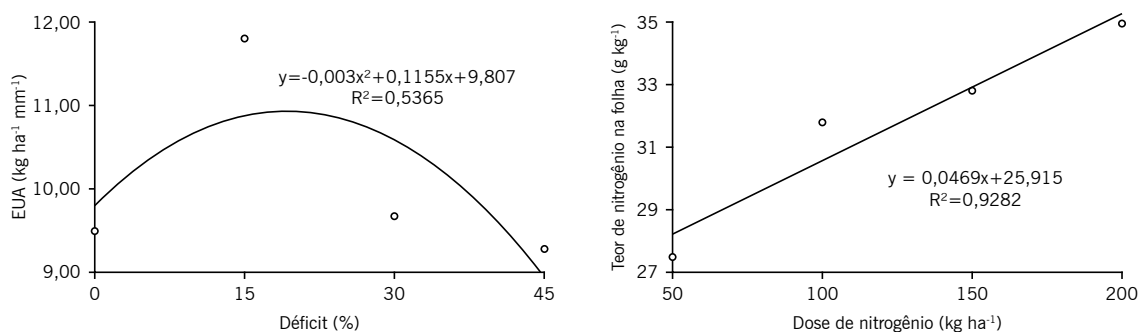
Segundo Souza (2016), para a cultivar IAC Alvorada não foi notada diferença significativa para as variáveis: relação de hidratação, que obteve como média geral o valor de 2,02; tempo máximo de hidratação, para o qual foi observada média de 11 horas e 35 minutos e teor de proteína bruta, que apresentou média de 20,35 %.

A soma térmica sofreu influência do déficit hídrico (FIGURA 4), podendo-se observar que

quanto maior foi o déficit, menor o ciclo da cultura, com valores totais de 866 °C, 864 °C, 845 °C e 845 °C, respectivamente, para os déficits de 0 %, 15 %, 30 % e 45 %. Com a redução da lâmina aplicada, a planta recebe estímulo para terminar seu ciclo em menor tempo.

Para a eficiência de uso da água (FIGURA 5), os maiores valores foram verificados para o déficit de 15 %, que apresentou uma média de 11,79 kg ha⁻¹ por mm⁻¹. Brito *et al.* (2016), que avaliaram a condução do feijoeiro com e sem restrição hídrica, observaram nos tratamentos sem restrição hídrica o valor de 0,50 kg m⁻³ para E.U.A, aplicando-se 376,4 mm de lâmina total.

Figura 5 – Eficiência do uso da água em função do déficit hídrico e teor de nitrogênio na folha em função das doses de nitrogênio. Uberaba/MG.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Pacheco *et al.* (2016) afirmaram que a E.U.A é um dos parâmetro essenciais ao analisar o efeito das práticas agrícolas. Analisando as doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹) e estimando a evapotranspiração pelo método de Hargreaves e Samani (1985), Pacheco *et al.* (2016) obtiveram o valor de 0,40 kg m⁻³ para o E.U.A.

Soares *et al.* (2016), analisando uma testemunha (precipitação pluviométrica) e 46 %, 73 %, 84 % e 100 % da reposição da ET_c, verificaram que o tratamento 100 % proporcionou maior eficiência do uso da água com 0,26 kg m⁻³, sendo a média do experimento de 0,32 kg m⁻³.

Observou-se incremento linear no teor de nitrogênio nas folhas, obtendo os valores entre 27,5 % e 34,97 % com o aumento das doses (FIGURA 5). Não foi observado efeito das lâminas de irrigação para o teor de nitrogênio nas folhas. Segundo Silva (2017b), doses de nitrogênio 80 mg e 120 mg dm⁻³ não apresentaram diferença significativa.

Souza (2016), avaliando doses de nitrogênio de 0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ na cultivar IAC Alvorada, verificou incremento linear no teor de nitrogênio foliar, com média geral de 31,8 g kg⁻¹. Bernardes *et al.* (2014), avaliando doses de nitrogênio na cultivar BRS Supremo, constataram efeito significativo das doses do elemento sobre o teor final nas folhas do feijoeiro no florescimento, obtendo um

ajuste melhor pelo modelo quadrático em que a dose de 120,7 kg ha⁻¹ proporcionou valor máximo de 47,2 g kg⁻¹ de nitrogênio.

Conclusão

As doses de nitrogênio não influenciaram o rendimento do feijoeiro comum nas condições do estudo. Os maiores déficits hídricos proporcionaram queda no rendimento da cultura. O déficit hídrico de 9,72 % foi favorável para atingir máximas produtividades de grãos e favorece o número de vagens por planta.

Referências

- ALEMAN, C. C.; MIGNACCA, F. A. Avaliações morfofisiológicas do feijão Pérola irrigado. *Colloquium Agrariae*, v. 11, n. 2, p. 19-24, 2015.
- AMARAL, C. B.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1602-1609, 2016.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heatunit system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; CUNHA, P. C. R. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.

BRITO, J. E. D.; ALMEIDA, A. C. S.; LYRA, G. B.; FERREIRA JÚNIO, R. A.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L. Produtividade e eficiência de uso da água em cultivo de feijão sob diferentes coberturas do solo submetido à restrição hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 2, p. 565 - 575, 2016.

BRITO, R. R. **Crêterios de manejo na irrigaçaõ do feijoeiro em trêz texturas de solo**. 2014. 66 f. Dissertaçaõ (Mestrado em Agronomia / Irrigaçaõ e drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; JUNQUEIRA NETO, A.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. Recomendaçaõ adubaçaõ para o feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissãõ de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-308.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, n 7, p. 1-119, 2019.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirement's**: Revised, Roma: FAO, 1975. 144 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

DURIGAN, J. F. **Influênciã do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1979. 81f. Dissertaçaõ (Mestre em Ciênciã de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênciã e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubaçaõ nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 136 – 148, 2017.

GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa**, 2014. 247 p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.

KOLLING, D. F.; OZELAME, O. Utilizaçaõ de nitrogênio e enxofre em cobertura no feijão preto safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 204-211, 2017.

MORAIS, W. A.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, N. F.; COSTA, C. T. S. Avaliaçaõ das características de produçaõ do feijoeiro submetidos a variações de lâminas de irrigaçaõ e doses de adubaçaõ. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1389-1397, 2017.

- MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. Desempenho agrônomico do feijoeiro com doses de nitrogênio em sementeira e cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 818-823, 2013.
- PACHECO, A.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; FRANÇA, A.; SILVA, L. E. Diferentes métodos de manejo de irrigação e doses de adubação nitrogenada nos componentes de produtividade e eficiência no uso da água. **Agrarian**, v. 9, n. 33, p. 263-273, 2016.
- PERES, A. R. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro cultivado sob duas lâminas de irrigação: produção e qualidade fisiológica das sementes**. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus Ilha Solteira, Ilha Solteira.
- SABUNDIJIAN, M. T.; ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; NASCIMENTO, V.; KANEKO, F. H.; TARUMOTO, M. B. Fertilização nitrogenada no desempenho agrônomico do feijoeiro de inverno em sucessão a gramíneas de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 152-161, 2016.
- SABUNDIJIAN, M. T. **Efeito residual do consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* com inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do feijão e trigo irrigado em sistema plantio direto**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira.
- SALES, R. A.; AMBROZIM, C. S.; POSSE, R. P.; OLIVEIRA, E. C.; POSSE, S. P. Índice de satisfação das demandas de água e produtividade do feijão em diferentes lâminas de irrigação em Colatina – ES. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 81-87, 2017.
- SANTANA, M. J. **Resposta do feijoeiro comum a lâminas e épocas de suspensão de irrigação**. 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- SCHERER, A. L.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Efeito de diferentes épocas e doses de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro cultivado em Campo Grande - MS. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 162-171, 2015.
- SCHONINGER, E. L.; LANGE, A.; MENEGON, T. G.; CAIONE, G. Produtividade da cultura do feijoeiro submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 387-398, 2015.
- SILVA, M. L. S.; SILVA, M. A. D.; TREVIZAM, A. R. Influência do nitrogênio e enxofre na produção do feijoeiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, p. 11-22, 2017a. DOI: 10.18406/2316-1817v9n32017899.
- SILVA, M. R. S.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, R. N.; ROCHA, A. O.; LIMA, A. N. S.; SANTOS, S. A.; SILVA, L. K. S. Resposta do feijoeiro a lâminas de água aplicada em relação à evapotranspiração da cultura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2017b.
- SILVA, W. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, maio/jun. 2003.
- SOARES, F. C.; PARIZI, A. R. C.; SILVA, G. U.; ESSI, R.; RUSSI, J. L.; BEM, L. H.; SANTOS, P. R. Irrigação suplementar na produção de grãos e na eficiência de uso da água do feijoeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 34, p. 374-382, 2016.

SOUZA, S. S. **Doses de nitrogênio em cobertura, no feijoeiro de inverno em sucessão, a sistemas de cultivo de milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária.** 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; PIZOLATO NETO, A.; 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.

VALLE JUNIOR, R. F.; PASSOS, A. O.; ABDALA, V. L.; RAMOS, T. R. Determinação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG, utilizando o sistema de informação geográfica (SIG). **Global Science and Technology**, v. 3, n. 1 p. 19-29, jan./abr. 2010.