

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM EM CONDIÇÃO
DE SUBMERSÃO EM ÁGUA**

GERALDO HENRIQUE MARTINS VIEIRA

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE FEIJÃO COMUM EM CONDIÇÃO
DE SUBMERSÃO EM ÁGUA**

GERALDO HENRIQUE MARTINS VIEIRA

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em agronomia. - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof^a Dr^a Ceci Castilho Custódio

571.862
M386g

Martins Vieira, Geraldo Henrique.

Germinação e vigor em sementes de feijão comum em condição de submersão em água/ Geraldo Henrique Martins Vieira. – Presidente Prudente, 2012.

37: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,
Presidente Prudente, SP, 2012.

Bibliografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ceci Castilho Custódio

1. Anoxia. 2. Hipoxia. 3. *Phaseolus vulgaris* L. 4.
Germinação. 5. Vigor. I. Título.

DEDICATÓRIA

Agradeço a Deus, pelas bênçãos recebidas diariamente, as quais possibilitaram a vitória, perante as dificuldades, a meus pais pelos valores e ideais de responsabilidade e dedicação a mim repassados durante minha existência, a minha esposa pela cooperação e apoio nestes anos de estudo, as minhas filhas, por serem parte importante em meu interesse na vontade de vitória pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A instituição UNOESTE (Universidade do Oeste Paulista), por ter possibilitado a condição de estudo e conclusão do mestrado, a minha orientadora Prof^a Dr^a Ceci Castilho Custódio, pessoa e profissional, que se fez sempre presente na condução e conclusão deste sonho; aos colegas e funcionários os quais foram de grande ajuda nas diversas etapas deste trabalho.

“Não somos o que sabemos, mas sim o que estamos dispostos a aprender”. (Concil)

RESUMO

Germinação e vigor de sementes de feijão comum em condição de submersão em água

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) Presidente Prudente - SP, com as cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), Pérola, IPR Tiziu e IPR 139, objetivando analisar a perda de germinação e vigor em condição de anoxia, por submersão em água deionizada por períodos de 0,1,2,4,8 e 16 horas a 25°C. O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por lote sendo as sementes avaliadas em critérios de germinação, vigor, comprimento de raiz e parte aérea, comprimento total, matéria seca de raiz e parte aérea, matéria seca total, condutividade elétrica. A perda de germinação e vigor é diretamente proporcional ao tempo de imersão. O período de uma hora de submersão é suficiente para que comecem a aparecer diferenças de germinação entre os cultivares. O cultivar IPR-139 apresentou-se como sendo o cultivar mais suscetível aos danos causados pela submersão, sendo recomendada sua utilização em solos de boa drenagem. Os cultivares IPR-Tiziu e Pérola apresentaram-se como sendo menos suscetíveis aos danos causados pela submersão. A embebição é rápida no início da submersão até o período de quatro horas (fase I) a partir do qual inicia-se a fase estacionária da embebição (fase II). Os cultivares que perdem menos eletrólitos para a solução de embebição são mais tolerantes a submersão em água.

Palavras-chave: Anoxia, Hipoxia, *Phaseolus vulgaris*, L, Germinação, Vigor.

ABSTRACT

Germination and seed vigor of common bean in condition in water submergence

The work was performed at the Laboratory of Seed Analysis at the University of the West Paulista (UNOESTE) Presidente Prudente - SP, with cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Pearl, Pee-wit IPR and IPR 139, aimed to analyze the loss of germination condition and vigor of anoxia, by submersion in deionized water for periods of 0,1,2,4,8 and 16 hours at 25°C. The test was conducted with four replications of 50 seeds per lot being evaluated on criteria seeds germination, vigor, root length and shoot length, total dry weight of roots and shoots, total dry matter, electrical conductivity. The loss of germination and vigor is directly proportional to the immersion time. The one-hour period of immersion is sufficient to begin to appear germination differences among cultivars. The cultivar IPR-139 showed up as the cultivar most susceptible to damage caused by submersion, and recommended its use in soils with good drainage. Cultivars IPR-Tiziu and Pérola showed up as being less susceptible to damage caused by submersion. The soaking is quick at the start of immersion until the four-hour period (phase I) from which starts the stationary phase imbibition (phase II). The cultivars that lose less electrolytes to the solution of imbibition are more tolerant to submergence in water.

Keywords: Anoxia, Hipoxia, *Phaseolus vulgaris*, L, Germination, Vigor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Determinação do grau de umidade das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	18
FIGURA 2 -	Condutividade elétrica da água de embebição das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	19
FIGURA 3 -	Germinação (A) e classificação do vigor (B) das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	21
FIGURA 4 -	Comprimento de raiz (A), de parte aérea (B) e total (C) das plântulas de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	23
FIGURA 5 -	Massa seca de raiz (A), de parte aérea (B) e total (C) das plântulas de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.....	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Profundidade ótima do lençol freático para o feijão.....	7
TABELA 2 - Germinação (G), classificação do vigor (CV), comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento total (CT) obtidas na avaliação inicial das sementes dos cultivares de feijão IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu.....	17
TABELA 3 - Massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), condutividade elétrica (CE) e determinação do grau de umidade (U) obtidas na avaliação inicial das sementes dos cultivares de feijão IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3 OBJETIVO.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	16
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de extensão continental, o que lhe confere uma grande diversidade climática, caracterizada pelos climas tropical úmido (Aw, Af e Am), clima mesotérmico úmido (Cw e Cf) e clima seco (Bs). Assim é correto dizer, que em determinadas situações, a cultura do feijão poderá sofrer com excesso de umidade no período compreendido entre a semeadura e sua emergência, o que caracteriza condição de anoxia/hipóxia. No Brasil existem 13 classes de solo diferentes, sendo o latossolo, argissolo e neossolo, responsáveis por 40%, 26% e 15% do total de área, respectivamente. As características físicas do solo facilitam condições de anoxia/hipóxia de curta duração, principalmente no período do verão quando ocorrem chuvas torrenciais.

A estimativa, para a área de plantio direto no Brasil, é de 35 milhões de hectares. Esta informação possibilita salientar, que uma das vantagens do plantio direto é a diminuição da temperatura no solo, o que em condições de chuvas e ou irrigação, favorece a lenta absorção de água pela semente. Este fato, aliado a características físicas dos solos, a exemplo dos citados acima, poderão em condições de compactação, aumentar o tempo de exposição das sementes ao processo anaeróbico da germinação.

Á área disponível para irrigação sustentável no Brasil é da ordem de 30 milhões de ha, com pouco mais de 1% da área total irrigável do mundo (Câmara dos Deputados, 2009). A Embrapa salienta que 50,6% desta área é de várzea e 49,4% em terras altas (AIDAR et al., 2003). O Brasil possuía uma área irrigada superior a 3 milhões de ha, sendo o Estado do Paraná responsável por 2,10%, Minas Gerais 10,18%, Bahia 8,5% e São Paulo 14,53% deste total. O Estado do Rio Grande do Sul a maior área percentual 31,57%. Estes dados sugerem que caso não haja um manejo correto da lâmina d'água na irrigação, o processo de anoxia/hipóxia pode ser potencializado.

Com estas informações, é possível caracterizar a facilidade com que as sementes de feijão podem sofrer com excesso de água logo após a semeadura, pois as condições físicas do solo, a caracterização do clima, regime de chuvas e ou irrigação, aliadas a deficiências de manejo, podem acarretar condições de anoxia/hipóxia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância da cultura do feijão no Brasil

O crescimento populacional é contínuo, mas as áreas destinadas a agricultura sofreram grandes alterações; em 1970 eram 3.800 m² por pessoa, em 2010 2.200 m² e em 2050 deverá ser de 1.700 m² por pessoa (FRANÇA, 2009).

A população por sua vez era de 4,3 bilhões em 1970 com expectativa de vida de 60 anos, em 2010 aproximadamente 6,8 bilhões de habitantes com 67 anos de vida e em 2050 seremos 9,2 bilhões de habitantes e teremos 75 anos de expectativa de vida (FRANÇA, 2009).

Com estes números a população mostra crescimento de 35% em quarenta anos e a produção de alimentos precisará ser ampliada em 70%, saindo de 2 bilhões para 3 bilhões de toneladas.

No Brasil, a semeadura de feijão é conduzida em três épocas: primeira safra, realizado de agosto a novembro; segunda safra, realizado de janeiro a março, e a terceira safra, realizada de abril a julho; salientando de que os dois primeiros plantios, são responsáveis por 90% da produção.

No levantamento feito pela CONAB em abril de 2011, a área total de plantio fora de 3,98 milhões de hectares, ou 10,3% maior que a safra anterior. A produção nacional chegará a 3,80 milhões de toneladas, 14,5% maior. Para o período de 2019/2020 o feijão possui uma taxa anual projetada em aumento de produção de 1,77% e uma taxa de consumo ao redor de 1,22%. Neste mesmo período a produção atingirá 4,27 milhões de toneladas; e o consumo 4,31 milhões de toneladas (Brasil, 2010).

2.2 Bibliografia

As plantas de feijoeiro podem sofrer modificações fisiomorfológicas quando conduzidas em solo encharcado. Calheiros et al. (2001), estudou o efeito de três manejos de lençol freático na adaptação fisiomorfológica do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar Bat 477 ao encharcamento, e concluiu, que as características biométricas de crescimento, embora causando prejuízo de hipoxia, evidenciaram a

utilização pela planta de mecanismos adaptativos morfológicos (raízes adventícias e lenticelas), biológicos (fixação de nitrogênio) e fisiomorfológicos (resistência estomática e transpiração).

Stone et al. (2000) estudaram os efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro, quanto as cultivares Safira e Aporé, demonstraram que a magnitude da resposta da produtividade do feijoeiro à lâmina de água aplicada varia com a cultivar e com o sistema de preparo; caracterizado pelo fato de que o incremento da produtividade com lâmina maior foi muito reduzido, havendo queda na produtividade no plantio direto, por restringir mais a evaporação do solo e pela característica de apresentar menor porosidade total, pode ter havido problemas de anoxia; outros autores estudaram a relação água solo planta no feijoeiro como citado na Tabela 1.

Tabela1 - Profundidade ótima do lençol freático para o feijão.

Autores	Profundidade lençol freático em cm	Condição	Solo
Goins et al. (1966)	80-90	C/I	Franco Argilo-siltoso
Goins et al. (1966)	40-50	C/I	Franco Arenoso
Van Hoorn, citado por	150	C/I	Argiloso
Williamson & Kriz (1970)	30	S/I	Franco Arenoso
Williamson & Kriz (1970)	76	C/I	Franco Arenoso
Lima (1895)	55-60	S/I	Argila Pesada
Pinto (1985)	80	C/I	Argila
Silveira (1987)	90	C/I	Argilo-Arenoso

C/I= com irrigação; S/I= sem irrigação

Fonte: SILVEIRA. Goiânia: Embrapa, 1992

Banti et al. (2008), estudando mudas de *Arabidopsis* observou que as mesmas são altamente sensíveis ao baixo oxigênio e morrem rapidamente quando expostas a anoxia; a tolerância à anoxia depende da capacidade para utilizar eficientemente hidratos de carbono através da via fermentativa. As células vegetais sofrem de um déficit de energia quando sujeito a disponibilidade de oxigênio baixo.

Dantas et al. (2000), estudando o efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho, submeteram as sementes a períodos de alagamento de 0,1,2,3,4,5,6 e 7 dias a 27° C e a 5,10,15,20,25 e 30° C, durante três dias de alagamento. Os autores concluíram, que a germinação e o vigor decrescem imediatamente após as sementes serem submetidas a alagamento; houve um decréscimo de 40% a partir do terceiro dia de alagamento, e, ao sétimo dia não houve germinação.

Guimarães et al. (2008), estudando hidratação em sementes de arroz, acerola, café, macela, tucumã; enfatizou que as sementes absorvem água em três fases: fase de hidratação dos tecidos, seguida pela fase de ativação do metabolismo e digestão de reservas e, finalmente, fase de germinação, que se caracteriza inicialmente, em muitas espécies de plantas, pela protrusão da raiz primária. Sua conclusão foi de que a embebição de sementes em água permite a re-organização e ativação de processos celulares, que estavam desorganizados e inativos devido ao processo de dessecação. Como também, que para algumas espécies, a embebição em água, pode aumentar a percentagem e a velocidade de germinação.

No início da embebição há um período relativamente curto de anaerobiose, com produção de etanol e ácido láctico; em sequência o processo torna-se aeróbico, eliminando a toxidez dos elementos produzidos na fase anaeróbica.

Bertolin (2010), realizou testes de alagamento em sementes com 30 genótipos de feijão avaliando envelhecimento acelerado e deterioração controlada, para avaliação de vigor de semente de feijão, objetivando estimar o potencial fisiológico de um lote de semente a campo. Foram utilizados períodos de embebição de 4, 12, 16, 24 e 30 horas, em frascos de 50 e 75 ml a 25°C. O autor concluiu que através do teste de alagamento é possível diferenciar lotes de sementes com qualidade fisiológicas

distintas, para qualquer um dos volumes de imersão a 12 horas e é influenciado por características genotípicas, como o teor de lignina do tegumento.

A sensibilidade da semente à embebição é controlada por três fatores: o teor inicial de água, a temperatura ambiente e a taxa de absorção de água (Pollock, 1969). Enquanto os dois primeiros são controlados pelo ambiente, o terceiro também depende das características intrínsecas da semente.

Custódio et al. (2002) avaliaram o efeito da submersão em água, de sementes de feijão, quanto a germinação e ao vigor. As sementes foram submetidas aos tratamentos de alagamento por períodos de 0, 8, 16, 24, 32, 40 e 48 horas a 25°C. Os autores concluíram que o vigor e a germinação de sementes de feijão, são afetados negativamente pelo alagamento; também concluiu que oito horas de alagamento podem provocar prejuízos irreversíveis ao estabelecimento da cultura; e a submersão das sementes em água, se empregada em laboratório, pode ser um bom indicativo para diferenciação de níveis de qualidade fisiológica em sementes de feijão.

Custódio et al. (2009) avaliaram o alagamento de semente de feijão e avaliação de vigor, para as cultivares IAPAR 65 e EMGOPA 201, os quais foram submetidos a submersão por períodos de 0, 4, 8, 12 e 16 horas a 25°C. Os autores concluíram que o período de 4 (quatro) horas ou mais, causou redução da germinação.

Gonçalves et al. (1987) desenvolveram um trabalho, sobre o efeito da emergência do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em álcool etílico hidratado, estando as sementes submersas durante 0,75, 1,5 ou 6h, estudando-se, posteriormente sua germinação em areia. Foram testadas as cultivares: Rico 1735, Carioca 1030, Ouro 1919, Fortuna 1895, Guatemala 547, Milionário 1732, Vermelho de Ubá, Batatinha 1781 e Feijão-de-Vagem. Observou-se que a porcentagem de germinação variou pouco para sete das nove cultivares testadas, porém, as cultivares de tegumento branco sofreram reduções de germinação de até 75% após 6h de imersão. As sementes de feijão de cor branca são suscetíveis aos solventes orgânicos e o álcool etílico hidratado, parece ser promissor no tratamento de sementes de feijão com produtos químicos.

Aragão et al. (1999) estudaram as possíveis variações na germinação de sementes de feijão, submetidas a ciclos e períodos de hidratação-secagem. Salientando de que esta técnica pode ocasionar alterações fisiológicas e bioquímicas

em sementes de feijão e afetar sua qualidade fisiológica. Os estudos demonstraram, que a cultivar carioca (bolinha), não demonstrou variação na germinação, para os períodos de hidratação de 6 horas, 12 horas e 24 horas, com ciclos de hidratação 1, 2 e 3. E concluiu, que sementes submetidas a tratamentos de hidratação-secagem, apresentam maior disponibilidade de proteínas de reserva, beneficiando o desempenho das sementes tratadas, em relação às testemunhas.

Oliva et al. (2011) estudaram a espessura do tegumento em diferentes cultivares de feijão e determinar sua associação com atributos físicos e fisiológicos das sementes; o estudo abrangeu seis genótipos de sementes. Os resultados evidenciaram que a espessura do tegumento está altamente correlacionada com caracteres que revelam o tamanho e forma das sementes. Da mesma forma, feijões com tegumentos mais espessos e elevado tamanho de semente, possuem maior capacidade de embebição em água.

As camadas protetoras das sementes são formadas por epiderme, hipoderme e parênquima lacunoso, sendo a organização das mesmas diferenciadas. A primeira é formada por células paliçadas, que possuem aparência colunar. A segunda possuem forma de ampulhetas, sendo esta mais finas que a primeira. Na terceira camada as células são em forma cilíndrica, arranjadas livremente com espaços ou lacunas entre si. Esta última camada por apresentar grande espessura na forma do tegumento, indica participar ativamente na embebição de água pelas sementes.

Santos et al. (2004), estudando alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão, as quais foram analisadas em dois lotes de IAPAR 44; sendo estes submetidos a envelhecimento artificial (41e 100% de UR do ar), por períodos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas, observou-se a redução do comprimento do hipocótilo e das raízes das plântulas, com aumento do período de exposição em ambos os lotes; e concluiu que lotes com alta germinação podem apresentar acentuadas diferenças em resposta ao processo de envelhecimento, verificados pela redução da capacidade seletiva da membrana das sementes e pelo crescimento e desenvolvimento das plântulas de feijoeiro.

Coelho et al. (2008), utilizando cinco cultivares de feijão Rubi (Rubi-CB, IAPAR), Uirapuru (IPR-88, IAPAR), Pérola (EMBRAPA), Valente (BRS-Valente,

EMBRAPA) e Campeiro (BRS-Campeiro, EMBRAPA), testaram a capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação e concluiu que o aumento da temperatura da água de embebição causou um aumento na capacidade de hidratação diferentemente para as cultivares. Com temperatura superior a 25°C, a cultivar Pérola demorou em torno de 8 horas para atingir a máxima hidratação, enquanto que Rubi, na mesma condição, não atingiu a máxima hidratação.

A capacidade de cocção é um dos parâmetros avaliados no melhoramento do feijão, para uso do consumidor. O aumento da temperatura favorece a hidratação, e esta influencia o tempo de preparo; mas, para o critério de plantio, a rápida hidratação poderá ocasionar danos às membranas, as quais auxiliam o equilíbrio osmótico.

3 OBJETIVO

O objetivo do estudo foi avaliar a perda de germinação e vigor em condição de anoxia/hipoxia, por diferentes períodos de submersão em água, em sementes de feijão dos cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente/SP durante os meses de junho a dezembro de 2011.

Foram utilizadas sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), que foram analisadas inicialmente quanto à germinação e vigor, sendo selecionados os lotes e cultivares como segue: cultivar IPR-139 (produtor de sementes), Pérola (Cati – Avaré/SP) e IPR-Tiziu (Selegrãos – Santo Anastácio/SP), por apresentarem os mesmos padrões de germinação inicial de modo a permitir a avaliação conjunta de cultivares e períodos de submersão em água.

O cultivar IPR-139, possui porte ereto, desenvolvido pelo IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná), ciclo de 89 dias, tipo carioca, tegumento claro e peso de mil sementes de 253 gramas.

O cultivar Pérola, possui porte semi-ereto, desenvolvido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), ciclo de 90 a 100 dias, tegumento claro e peso de mil sementes de 270 gramas.

O cultivar IPR-Tiziu, possui porte ereto, desenvolvido pelo IAPAR, ciclo de 89 dias, tegumento preto e peso de mil sementes de 205 gramas.

As sementes dos cultivares selecionados foram armazenados em sala climatizada a $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e 60%UR até o início das avaliações. As avaliações para verificação da qualidade inicial das sementes foram determinação do grau de umidade, condutividade elétrica com 24 horas, teste de germinação, classificação do vigor e comprimento e massa seca da raiz e parte aérea.

A submersão foi conduzida nos períodos de zero, 1, 2, 4, 8 e 16 horas com seis repetições de 50 sementes por período e cultivar, a 25°C , no escuro, em germinador. As sementes foram pesadas antes da imersão em água. Após cada período foi realizada a leitura da condutividade elétrica da solução, a água foi drenada e com as sementes conduziu-se as avaliações: determinação do grau de umidade, condutividade elétrica, teste de germinação, classificação do vigor e comprimento e massa seca da raiz e parte aérea das plântulas.

Determinação do grau de umidade: conduzida com duas repetições, com 50 sementes por cultivar em uma estufa sem circulação de ar a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24h (BRASIL, 2009).

A condutividade elétrica: foi conduzida com quatro repetições de 50 sementes por cultivar, que foram pesadas e colocadas em copos plásticos de 150mL contendo 75mL de água deionizada e mantidos em germinador a temperatura de 25°C, durante os períodos de submersão estudados e após 24 horas quando da avaliação da qualidade inicial das sementes. Um copo contendo apenas água também foi colocado no germinador para avaliação. Decorrido este período, a condutividade elétrica da solução foi determinada com uso de um condutivímetro e os valores obtidos no aparelho foram deduzidos do valor da condutividade da água e divididos pelo peso da amostra e os resultados expressos em $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

O teste de germinação: foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por cultivar semeadas em rolos de papel para germinação umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco e colocados em germinador tipo 'Mangelsdorf' a 25 °C. As contagens da germinação foram aos cinco e oito dias após semeadura e a porcentagem de germinação foi calculada considerando as plântulas normais (BRASIL, 2009).

A classificação do vigor: foi conduzido durante o teste de germinação, quando, em cada avaliação as plântulas foram classificadas em normais fortes, fracas anormais e sementes mortas e apenas a porcentagem de normais fortes foi considerada (NAKAGAWA, 1999).

O comprimento e massa seca da raiz e parte aérea: foi conduzido com quatro repetições de 10 sementes por cultivar que foram semeados em uma única linha, no terço superior do papel toalha para germinação, umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco e colocados em germinador tipo 'Mangelsdorf' a 25 °C. No quinto dia as plântulas normais foram individualmente medidas quanto ao comprimento do hipocótilo e da raiz primária, divididas com um estilete e utilizadas para a determinação da massa seca de parte aérea (sem os cotilédones) e raiz (NAKAGAWA, 1999). A soma dos valores individuais de parte aérea e raiz originou os comprimentos e massas totais.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial (3 x 6) composto de três cultivares (IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu) e seis períodos de submersão em água. Os resultados em porcentagem foram transformados em arco seno $(x \cdot 100^{-1})^{-1/2}$, pois originalmente não seguiram distribuição normal. Os demais

não foram transformados. Foi aplicado o teste F para análise da variância e teste Tukey 5% para comparação de médias dos tratamentos qualitativos e análise de regressão polinomial para os tratamentos quantitativos. Foram considerados os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2). Para a análise utilizou-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2008). Os dados de grau de umidade não foram analisados estatisticamente, pois seguiram os níveis de tolerância para diferença entre repetições estabelecidos em Brasil (2009).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação inicial dos lotes selecionados de cada cultivar (Tabelas 2 e 3) indicaram resultados iguais entre os mesmos para germinação, comprimento e massa seca de raiz. A avaliação de classificação do vigor de plântulas indicou o cultivar Pérola inferior ao IPR-Tiziu, porém as avaliações de comprimento e massa de parte aérea e total indicaram exatamente o contrário. Existe realmente certa variação na avaliação do vigor de modo que é recomendada a utilização de diferentes testes em lotes cuja germinação seja semelhante. Assim, quando os lotes apresentam menores diferenças de vigor pode haver alternância na ordenação destes lotes (MARCOS FILHO, 2005).

O teste de condutividade elétrica indicou menor liberação de eletrólitos nas sementes do cultivar IPR-Tiziu ($106 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), o que pode ser compreendido como a tradução do estado funcional das membranas celulares. Assim, as sementes desse cultivar foram mais rápidas na reestruturação dos sistemas de membrana durante a embebição da semente (Tabelas 2 e 3).

As sementes dos cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu apresentaram 12,2, 9,5 e 12,4% de grau de umidade, respectivamente. Quanto mais seca a semente maiores podem ser os danos causados por rápida embebição, e maiores os conteúdos de eletrólitos lixiviados. Neste estudo, embora tenha havido diferença no grau de umidade inicial das sementes dos cultivares IPR-139 e Pérola, ambos apresentaram maior lixiviação de eletrólitos no teste de condutividade elétrica (Tabela 2).

As sementes possuem comportamento diferente, quanto à rapidez de absorção de água, fator relacionado principalmente com a composição química da semente, pois quanto maior o conteúdo de proteínas, mais rapidamente a semente absorveria água.

Tabela 2 - Germinação (G), classificação do vigor (CV), comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento total (CT) obtidas na avaliação inicial das sementes dos cultivares de feijão IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu.

Cultivares	G	CV	CR	CPA	CT
	%			cm	
IPR 139	98 a ¹	90 ab	10,52 a	7,38 ab	17,90 ab
Perola	93 a	80 b	10,79 a	9,36 a	20,15 a
IPR Tiziu	98 a	96 a	9,33 a	5,63 b	14,97 b
Valores F	0,735 ^{ns}	6,193**	2,265 ^{ns}	7,714**	5,202**

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

*, ** significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, na análise de variância; ^{ns} não significativo.

Tabela 3 - Massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), condutividade elétrica (CE) e determinação do grau de umidade (U) obtidas na avaliação inicial das sementes dos cultivares de feijão IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu.

Cultivares	MSR	MSPA	MST	CE	U%
		G		$\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$	
IPR-139	0,0954 a	0,4169 b	0,5123 b	138 b	12,2
Pérola	0,1220 a	0,6454 a	0,7674 a	137 b	9,5
IPR-Tiziu	0,1115 a	0,4177 b	0,5292 b	106 a	12,4
Valores F	1,492 ^{ns}	16,790**	11,908**	5,802*	

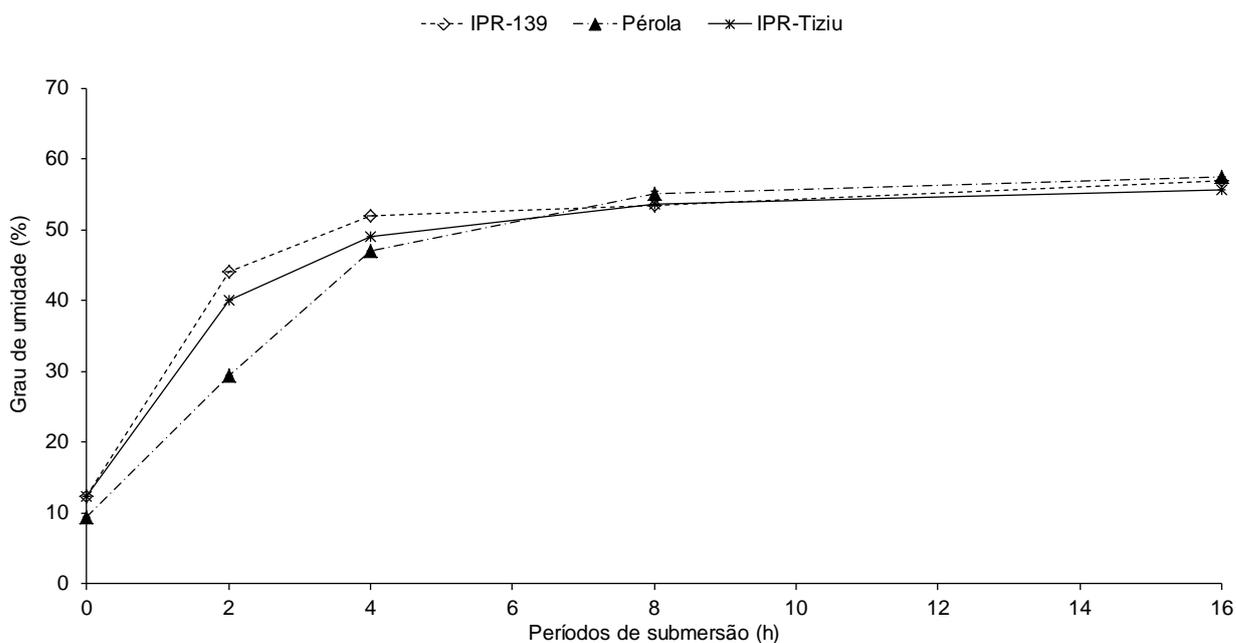
¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

*, ** significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, na análise de variância; ^{ns} não significativo.

A determinação do grau de umidade das sementes foi conduzida antes e após cada período de submersão, indicando que as sementes dos três cultivares embeberam água rapidamente durante as primeiras quatro horas de submersão seguindo-se uma fase de lento progresso da embebição. Com quatro horas os cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu apresentaram 52, 47 e 49% de grau de umidade, respectivamente. Não foram observadas emissão de raiz primária durante os períodos de submersão indicando que não houve progresso em direção ao início visível da germinação, ou seja, alongação e divisão celular na radícula, em função

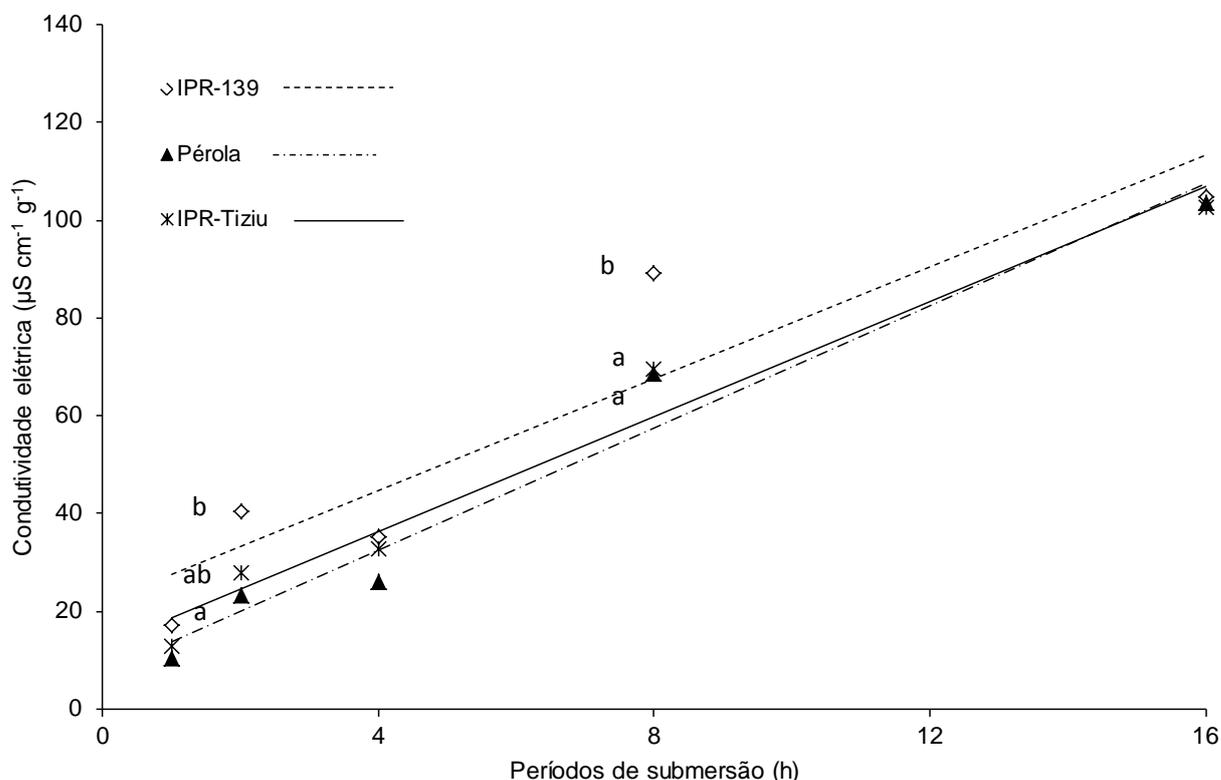
do processo anaeróbico decorrente da submersão. Com 16 horas os três cultivares atingem valores entre 56 e 57% de grau de umidade na semente submersa.

Figura 1 - Determinação do grau de umidade das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.



A avaliação da condutividade elétrica após cada período de submersão em água indicou ajustes lineares crescentes para as sementes dos três cultivares, com progressão de 5,73, 6,25 e 5,88 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ para cada hora de submersão para os cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu, respectivamente. Não foram observadas diferenças entre os cultivares nos períodos de uma, quatro e 16 horas de submersão. O cultivar IPR-139 apresentou o maior índice de condutividade diferindo do cultivar Pérola no tratamento de duas horas. Este índice se manteve alto, no período de 8 horas diferindo dos cultivares Pérola e IPR-Tiziu. Com a evolução da submersão em água os valores tendem a se tornarem próximos, o que pode ser verificado no período de 16 horas. Os cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu, apresentaram resultados comparativos entre 1 e 16 horas de imersão, respectivamente de 6, 10 e 8 vezes maiores.

Figura 2 - Condutividade elétrica da água de embebição das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.



Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial Y (IPR-139) = 21,783 + 5,73x $R^2 = 0,8611^{**}$ Y (Pérola) = 7,479 + 6,259x $R^2 = 0,9660^{**}$ Y (IPR-Tiziu) = 12,687 + 5,884x $R^2 = 0,9680^{**}$.
 * equação significativa ($P < 0,05$); ** equação significativa ($P < 0,01$). Médias seguidas da mesma letra no período, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância; ausência de letra não indica significância.

A germinação das sementes (Figura 3A) apresentou ajuste linear decrescente para os três cultivares estudados com redução de 4,27, 4,22 e 2,98% para cada hora de acréscimo no período de submersão para os cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu, fato caracterizado pela liberação de eletrólitos na solução, respectivamente de $138 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, $137 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ e $106 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ caracterizando a fragilidade de cada um deles a condições de anoxia / hipoxia estabelecida (Tabela 3).

Ocorreram diferenças entre os cultivares para todos os períodos, de uma a 16 horas de submersão. Nos períodos de uma, duas e quatro horas não houve diferença de germinação entre os cultivares IPR-Tiziu e Pérola, que

apresentaram valores superiores em relação a cultivar IPR-139. Nos períodos de oito e 16 horas o cultivar IPR-Tiziu apresentou valores superiores (Figura 3A).

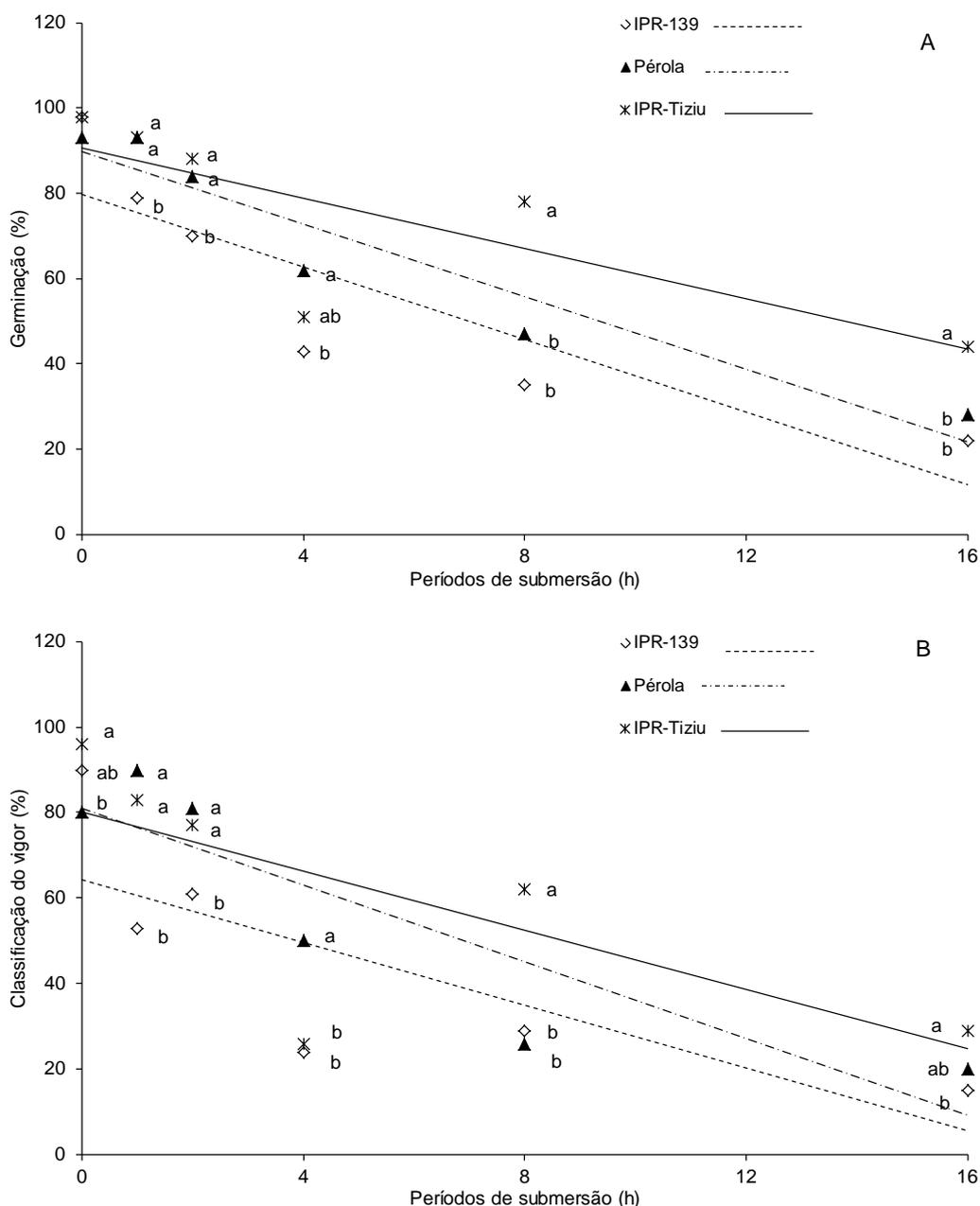
A classificação do vigor de plântulas também indicou ajuste linear decrescente com diminuição de 3,64, 4,49 e 3,44% para cada hora de acréscimo no período de submersão, para as cultivares IPR-139, Pérola e IPR-Tiziu (Figura 3B). Os valores mais baixos de progressão foram obtidos para as sementes do cultivar IPR-Tiziu indicando que este cultivar desenvolveu menos plântulas com deformação causadas pela condição de submersão em água. Para todos os períodos houve diferença entre os cultivares e para a maioria dos períodos o cultivar IPR-Tiziu foi superior aos demais, quanto à classificação do vigor.

A água é fundamental para o metabolismo celular durante a germinação, pelo menos por três motivos: para a atividade enzimática, para a solubilização e transporte das reservas e como reagente em si.

A espessura do tegumento esta altamente correlacionada com caracteres que revelam o tamanho e forma das sementes. Da mesma forma, feijões com tegumentos mais espessos e elevado tamanho de semente, possuem maior capacidade de embebição em água (OLIVA et al., 2011).

A capacidade de germinação de uma semente tem relação direta com seu nível de vigor, e este, afeta a germinação de duas maneiras distintas: reduzindo a velocidade de germinação; e ou aumentando a porcentagem de plântulas anormais, bem como o grau dessas anormalidades (CARVALHO et al., 1983).

Figura 3 - Germinação (A) e classificação do vigor (B) das sementes de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água



A) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = 79,64 - 4,27x R² = 0,7764** y (Pérola) = 89,3 - 4,22x R² = 0,9139** y (IPR-Tiziu) = 90,67 - 2,985x R² = 0,6199**; B) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = 64,02 - 3,64x R² = 0,6131** y (Pérola) = 80,65 - 4,49x R² = 0,8022** y (IPR-Tiziu) = 79,81 - 3,448x R² = 0,5091**.

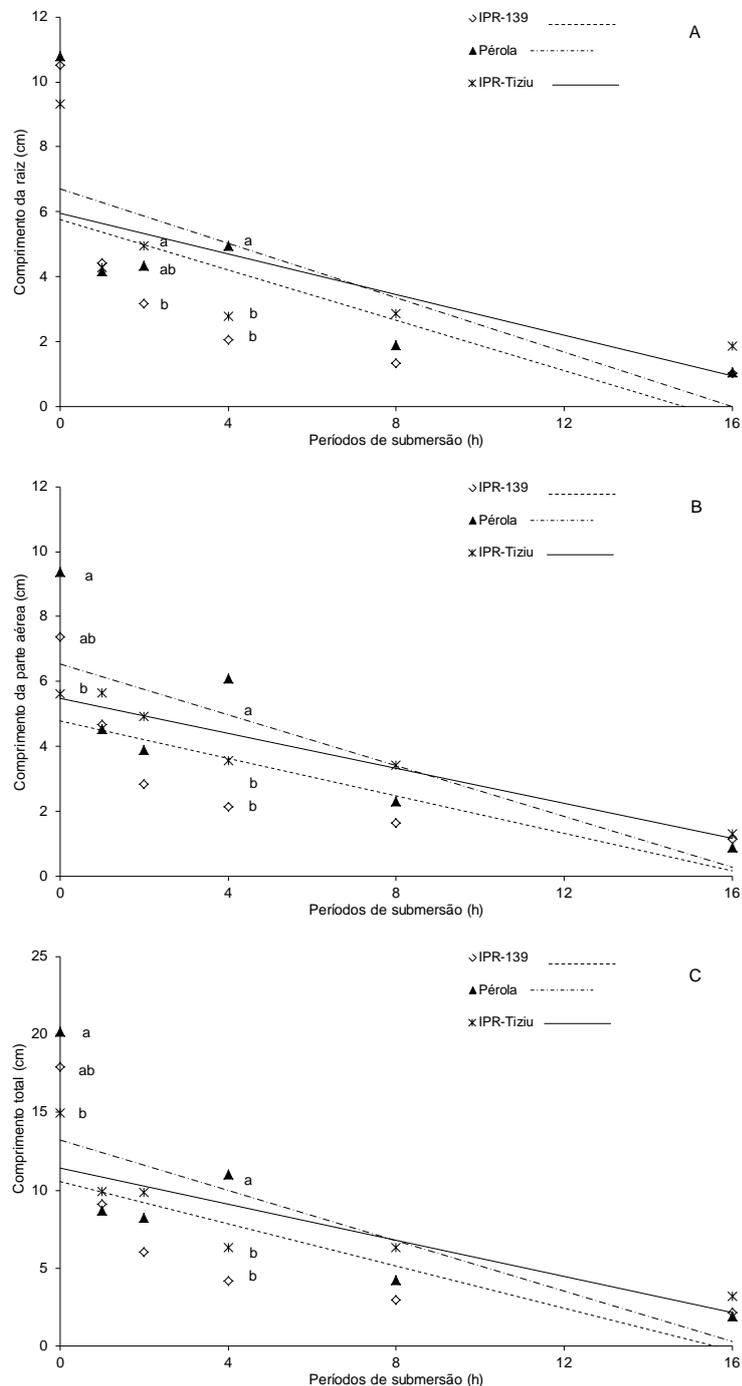
* equação significativa (P<0,05); ** equação significativa (P<0,01). Médias seguidas da mesma letra no período, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância; ausência de letra não indica significância.

Os dados de comprimento de raiz, de parte aérea e total das plântulas originadas das sementes que passaram por submersão em água (Figuras 4A, B e C), foram ajustados os modelos lineares decrescentes, para todos os cultivares, com

a progressão da submersão em água. A taxa de decréscimo foi sempre menor para o cultivar IPR-Tiziu com 0,3131, 0,2685 e 0,5817cm para cada hora de aumento no período de submersão. O cultivar obteve a menor taxa de condutividade elétrica (Tabela3), o que caracteriza sua maior capacidade em atingir o potencial mátrico, com o menor gasto de energia possível, influenciando em um maior coeficiente de vigor.

Ocorreram diferenças entre os cultivares, para comprimento de raiz, nos períodos duas e quatro horas de submersão. Nos menores e nos maiores períodos os cultivares não diferiram entre si. Com duas horas, o cultivar IPR-Tiziu foi superior ao IPR-139 e com quatro horas o cultivar Pérola foi superior aos demais (Figura 4A). Com relação à parte aérea as diferenças entre cultivares, dentro de cada período, ocorreram apenas nos períodos de uma (cultivar Pérola superior ao IPR-Tiziu) e quatro horas (cultivar Pérola superior aos demais), como indicado na Figura 4B. Quando é avaliada a plântula toda, apenas no período zero (controle), o cultivar Pérola foi superior ao IPR-Tiziu, e com quatro horas (Pérola superior aos demais) ocorreram diferenças entre os cultivares e em ambos o cultivar Pérola foi superior (Figura 4C).

Figura 4 - Comprimento de raiz (A), de parte aérea (B) e total (C) das plântulas de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.



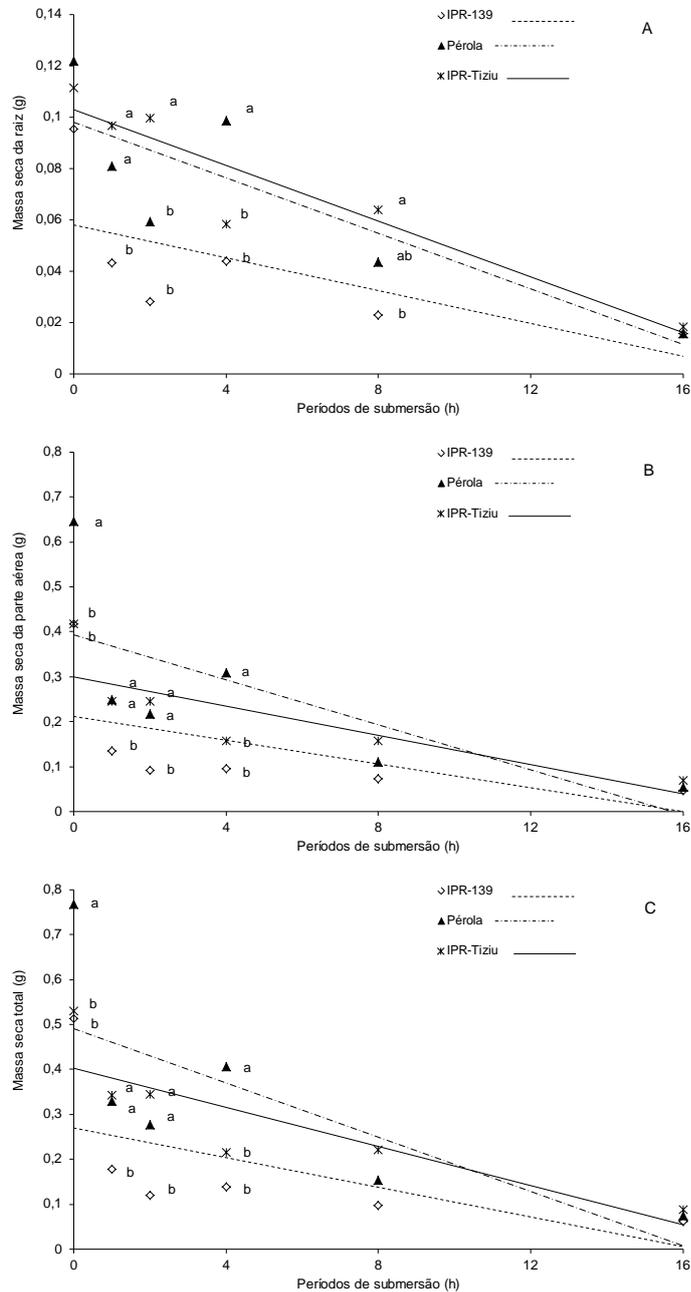
A) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = $5,766 - 0,389x$ $R^2 = 0,4352^{**}$ y (Pérola) = $6,697 - 0,4193x$ $R^2 = 0,5433^{**}$ y (IPR-Tiziu) = $5,9617 - 0,3131x$ $R^2 = 0,4917^{**}$; B) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = $4,7882 - 0,2882x$ $R^2 = 0,5470^{**}$ y (Pérola) = $6,5302 - 0,3902x$ $R^2 = 0,6207^{**}$ y (IPR-Tiziu) = $5,4697 - 0,2685x$ $R^2 = 0,9340^{**}$; C) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = $10,5535 - 0,6767x$ $R^2 = 0,4829^{**}$ y (Pérola) = $13,22 - 0,8096x$ $R^2 = 0,5869^{**}$ y (IPR-Tiziu) = $11,432 - 0,5817x$ $R^2 = 0,7314^{**}$. * equação significativa ($P < 0,05$); ** equação significativa ($P < 0,01$). Médias seguidas da mesma letra no período, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância; ausência de letra não indica significância.

A massa seca de raiz, de parte aérea e total das plântulas originadas das sementes que passaram por submersão em água (Figuras 5A, B e C), ao serem

analisadas, tiveram seus dados ajustados ao modelo linear decrescentes, para todos os cultivares, com a progressão da submersão em água. A massa seca da raiz (Figura 5A), dentro de cada período de submersão, não indicou diferença entre os cultivares nos períodos zero e 16 horas, ou seja, sem submersão e no maior período de submersão. Uma hora de submersão foi suficiente para indicar diferença entre os cultivares onde os cultivares IPR-Tiziu e Pérola foram superiores ao IPR-139. Com duas horas, apenas o cultivar IPR- Tiziu foi superior e com oito, o IPR-Tiziu foi superior ao IPR-139, enquanto o Pérola ficou em posição intermediária. Apenas no período de quatro horas o cultivar Pérola se destacou (Figura 5A).

Quando se considera a massa seca da parte aérea e da plântula toda (Figura 5B e C), ocorreram diferenças entre os cultivares nos períodos zero, uma, duas e quatro horas de submersão. Em períodos superiores, a submersão deprime acentuadamente o crescimento da parte aérea e da plântula toda de tal forma que os cultivares se igualaram. No controle (zero) o cultivar Pérola foi o mais hábil em crescimento, não só da parte aérea, como também da raiz e da plântula toda (Figura 5A, B e C). No entanto, com a submersão os cultivares Pérola e IPR-Tiziu foram superiores nos períodos de uma e duas horas (Figura 5B). Apenas no período de quatro horas ocorreu superioridade do cultivar Pérola.

Figura 5 - Massa seda de raiz (A), de parte aérea (B) e total (C) das plântulas de três cultivares de feijão comum submetidos a diferentes períodos de submersão em água.



A) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = 0,05803 - 0,003190x $R^2 = 0,4494^{**}$ y (Pérola) = 0,09792 - 0,005394x $R^2 = 0,7119^{**}$ y (IPR-Tiziu) = 0,1028 - 0,00543x $R^2 = 0,8872^{**}$ B) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = 0,211894 - 0,013292x $R^2 = 0,3396^{**}$ y (Pérola) = 0,3932 - 0,024988x $R^2 = 0,5195^{**}$ y (IPR-Tiziu) = 0,2993 - 0,0162x $R^2 = 0,6762^{**}$; C) Equações ajustadas pela análise de regressão polinomial y (IPR-139) = 0,2699 - 0,016484x $R^2 = 0,3604^{**}$ y (Pérola) = 0,49119 - 0,03038x $R^2 = 0,5594^{**}$ y (IPR-Tiziu) = 0,4021 - 0,02172x $R^2 = 0,7464^{**}$. * equação significativa ($P < 0,05$); ** equação significativa ($P < 0,01$). Médias seguidas da mesma letra no período, não difere pelo teste Tukey a 0,05 de significância; ausência de letra não indica significância.

6 CONCLUSÃO

A perda de germinação e vigor é diretamente proporcional ao tempo de imersão, ao qual os cultivares foram submetidos.

O período de uma hora de submersão é suficiente para que comecem a aparecer diferenças de germinação entre os cultivares.

O cultivar IPR-139 apresentou-se como sendo o cultivar mais suscetível aos danos causados pela submersão, sendo recomendada sua utilização em solos de boa drenagem.

Os cultivares IPR-Tiziu e Pérola apresentaram-se como sendo menos suscetíveis aos danos causados pela submersão.

A embebição é rápida no início da submersão até o período de quatro horas (fase I) a partir do qual inicia-se a fase estacionária da embebição (fase II).

Os cultivares que perdem menos eletrólitos para a solução de embebição são mais tolerantes a submersão em água.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, C.A. et al. Efeito da hidratação seguido da secagem na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.180-186, 1999.

BANTI, V. et al. Heat acclimation and cross-tolerance against anoxia in *Arabidopsis*. **Plant Cell and Environment**, v.31, p.1029-1037, 2008.

BERTOLIN, D.C. **Teste de alagamento, deterioração controlada e envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de feijão**. 2010. 112p. Tese Doutorado UNESP – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Projeções do Agronegócio 2009/2010 a 2019/2020**. Brasília: Ministério da Agricultura, 2010.

CALHEIROS, R. O. et al. Efeito de três manejos do lençol freático na adaptação fisiomorfológica do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) ao encharcamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.779-789, 2001.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Biblioteca Digital**. 2009. Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/6024/agricultura_irrigada_dolabella.pdf?sequence=1. Acesso em: 25 dez. 2012.

CARVALHO, N.M; NAKAGAWA, J. **Sementes ciência, tecnologia e produção**. 2. ed. Campinas: Cargill, 1983. p.126-272.

COELHO, C.M.M. et al. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência Agrotecnológica**, v.32, n.4, p.1080-1086, jul./ago. 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Arquivos feijão**. 2010. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_10_25_11_15_37_feijao_mai_2008.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores Conab**. [S.l.]:

CONAB, 2010. Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=538&t=2>>. Acesso em: 29 dez. 2010.

CUSTÓDIO, C.C. et al. Efeito da submersão em água de semente de feijão na germinação e vigor. **Revista Brasileira de Semente**, v.24, n.2, 2002.

CUSTÓDIO, C.C. et al. Water submersion of bean seeds in the vigor evaluation, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.261-266, 2009.

DANTAS, F.B. et al. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.88-96, 2000.

AIDAR, H. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. (Publicação Circular Técnica n. 60).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Publicação Circular Técnica**. 2010. Disponível em:

<<http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circulartecnica/index.htm>>. Acesso em: 17 dez. 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Socioeconomia**. [S.l.]:

EMBRAPA, 2010. Disponível em:

<<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>> Acesso em: 10 jan. 2011.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FRANÇA, R. Fome de ar, água e comida. **Revista Veja**, São Paulo, ed. 2143, n.50, p.132-146, 2009.

GONÇALVES, E.J.; MUCHOVEJ, J.J. Álcool etílico hidratado (combustível de automotivos) e a germinação de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.2, p.103-108, 1987.

GUIMARÃES, A.M. et al. Hidratação de sementes. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v.2, n.1, p.31, 2008.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p.21-24.

OLIVA, F. et al. Espessura do tegumento e qualidade física e fisiológica de semente de feijão. **Revista Verde**, v.6, n.1, p.88-89, 2011.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.110-119, 2004.

SILVEIRA, M.P. **Drenagem para a cultura do feijão**. Goiânia: Embrapa, 1992. p.5-9.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.835-841, 2000.

VIEIRA, R.D; KRZYZANOWSKI, E.C. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D; KRZYZANOWSKI, E.C; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p.1-26.