

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FENOLOGIA, ATRIBUTOS PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E
INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM CULTIVARES DE
FEIJOEIRO ESPECIAL E DE EXPORTAÇÃO**

ADAILZA GUILHERME CAVALCANTE

Agroecóloga

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FENOLOGIA, ATRIBUTOS PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E
INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO
ESPECIAL E DE EXPORTAÇÃO**

Adailza Guilherme Cavalcante

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Angelo de Aquino

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal).

2020

C376f Cavalcante, Adailza Guilherme
Fenologia, atributos produtivos, qualitativos e influência do armazenamento em cultivares de feijoeiro especial e de exportação / Adailza Guilherme Cavalcante. -- Jaboticabal, 2020
149 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Leandro Borges Lemos
Coorientadora: Leonardo Angelo de Aquino

1. Feijão especial. 2. cultivares. 3. armazenamento. 4. Qualidade de grãos e sementes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Certificado de aprovação

TÍTULO DA TESE: FENOLOGIA, ATRIBUTOS PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO ESPECIAIS E DE EXPORTAÇÃO

AUTORA: ADAILZA GUILHERME CAVALCANTE

ORIENTADOR: LEANDRO BORGES LEMOS

COORIENTADOR: LEONARDO ANGELO DE AQUINO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO BORGES LEMOS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. RAUNIRA DA COSTA ARAÚJO (Participação Virtual)
Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias/Departamento de Agricultura/ Universidade Federal da Paraíba - Bananeiras/PB



Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. ROGERIO FARINELLI (Participação Virtual)
Fundação Educacional de Barretos / UNIFEB - Barretos, SP



Dr. FÁBIO TIRABOSCHI LEAL (Participação Virtual)
Consultor - Sistemas de Produção Agrícola e Nutrição de Plantas / Jaboticabal/SP



Jaboticabal, 25 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADAILZA GUILHERME CAVALCANTE – Filha de Adalgizo Guilherme da Silva e Ana Maria Ribeiro da Silva, natural de Bananeiras - PB, nascida em 18 de dezembro de 1987. Técnica Agrícola pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros (CAVN), Bananeiras - PB, no ano de 2010. Em março de 2011 ingressou no curso de Bacharelado em Agroecologia na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), câmpus de Bananeiras - PB, com conclusão em 2015. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), durante os anos de 2012-2015, desenvolvendo os projetos: Compostagem de diferentes resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas de cinco espécies de maracujá; Desenvolvimento de duas cultivares de feijão vermelho submetida a aplicação de biofertilizante; Características de produção e qualidade de tomate adubado com diferentes compostos orgânicos. Em 2016 ingressou no mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, câmpus Areia – PB, desenvolvendo o projeto: Lâminas de irrigação e polímero hidroabsorvente no crescimento, fisiologia e produção do maracujazeiro amarelo, com conclusão em julho de 2017. Em Agosto de 2017 ingressou no doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com conclusão realizada em novembro de 2020.

“Paciência e perseverança têm o efeito mágico de fazer as dificuldades desaparecerem e os obstáculos sumirem”.

John Quincy Adams

Aos meus avós paternos, João Guilherme da Silva (*In memoriam*) e Terezinha de Oliveira (*In memoriam*) e maternos Francisco Celso Ribeiro (*In memoriam*) e Alaíde Muniz Teixeira.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Nossa Senhora do Livramento, padroeira de Bananeiras e Nossa Senhora Aparecida, padroeira do Brasil e ao meu Anjo da Guarda, por guiarem minha vida e minhas decisões em todos os momentos.

Aos meus pais Adalgizo Guilherme da Silva e Ana Maria Ribeiro da Silva por todo amor e carinho que me oferecem durante toda a minha vida.

Aos meus irmãos Adailson Ribeiro da Silva e Alailson Ribeiro da Silva pela amizade, carinho e companheirismo.

A toda minha família pelo carinho e conselhos.

Ao meu orientador, Dr. Leandro Borges Lemos pela confiança, respeito, orientação e conselhos nos momentos necessários.

Ao meu coorientador Dr. Leonardo Ângelo de Aquino pela confiança e orientação para a melhoria no trabalho de tese.

Ao meu esposo Alian Cássio Pereira Cavalcante pelo companheirismo, paciência, amor e ajuda nos momentos mais difíceis, e por sempre acreditar em mim.

Aos meus amigos Maria Nazaré Martins, Daivyd Silva de Oliveira, Robson Silva de Medeiros por estarem presentes desde a graduação, compartilhando alegrias, angústias, estando sempre presentes, trazendo muitos momentos de alegria e risadas.

Aos membros da banca examinadora da minha qualificação de doutorado: Dra. Raunira da Costa Araújo e Dr. Fábio Tiraboschi Leal, pelas contribuições no presente trabalho.

Aos membros de minha defesa de tese de doutorado: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo, Dr. Fábio Tiraboschi Leal, Prof. Dr. Fábio Luiz Checchio Mingotte, Prof. Dr. Rogério Farinelli, pelas contribuições na melhoria do trabalho.

A todos os professores (as) que tive a oportunidade de conhecer e aprender durante toda minha carreira acadêmica, no qual em nome dos demais cito com muito carinho o professor Dr. Lourival Ferreira Cavalcante (*In memoriam*), pelos ensinamentos e pelo ser humano incrível que foi comigo e com os demais membros da eterna equipe Lofeca, estará guardado sempre em nossos corações. E a professora Dr^a. Raunira da Costa Araújo por ter acreditado no meu potencial durante a graduação e pela amizade e conselhos durante a vida acadêmica.

Aos meus colegas do grupo SAGRIS (Sustentabilidade em Sistemas Agrícolas): Stefany Souza, Fábio Tiraboschi Leal e João Victor Trombeta Bettiol e em especial aos meus amigos/irmãos dentro do grupo de pesquisa Flávia Constantino Meirelles e Vinicius Augusto Filla, presentes tanto no campo, quanto no laboratório, sem os quais não seria possível concluir esse trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da UNESP - Câmpus de Jaboticabal.

Às instituições públicas que colaboraram com o fornecimento de sementes para esse experimento: Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR).

Ao professor Dr. Rinaldo Cesar de Paula pela disponibilidade do laboratório de sementes e melhoramento florestal e aos seus orientandos pela disposição e ajuda nas análises das sementes.

Aos funcionários do Departamento de Ciências da Produção Agrícola – Setor de Produção Vegetal: Rubens Libório (Faro-Fino) pelo auxílio no campo e no laboratório e à Mônica pela assistência e disposição.

Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão), em especial ao Marcelo Scatolin e equipe, pelo auxílio durante a implantação, condução e colheita do experimento.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A Universidade Federal da Paraíba (Câmpus Bananeiras e Areia) e a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - SP, lugar em que fiz amizades e recebi ensinamentos para toda a vida, nos âmbitos acadêmico e pessoal.

Às pessoas que não foram citadas, mas que de forma, direta ou indireta, contribuíram para realização desse trabalho. Obrigada!

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
A cultura do feijoeiro.....	4
Cultivares de feijoeiro.....	5
Tipos especiais de feijão.....	5
Fenologia e somatório térmico.....	8
Efeito do armazenamento nos atributos qualitativos dos grãos.....	10
Influência do armazenamento nos atributos fisiológicos das sementes.....	11
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 - Soma térmica e descrição fenológica de acordo com a escala BBCH para o feijoeiro	19
RESUMO	19
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	21
RESULTADOS	24
DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 3 - Atributos agronômicos e qualitativos de grãos	37
3.1 Performance agronômica e qualitativa de cultivares de feijoeiro de grãos especiais.....	37
RESUMO	37
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
3.2 Características agronômicas e qualitativas de feijões tipo especial para exportação.....	62
RESUMO	62
INTRODUÇÃO	62
RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
MATERIAL E MÉTODOS	71
CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS	76
CAPÍTULO 4 - Qualidade tecnológica de grãos durante o armazenamento	81
4.1 Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro especial durante o armazenamento.....	81
RESUMO	81
INTRODUÇÃO	81
MATERIAL E MÉTODOS	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS	93
4.2 Efeito do armazenamento na qualidade de grãos de feijoeiro especial.....	97

para exportação.....	97
RESUMO.....	97
INTRODUÇÃO.....	98
MATERIAL E MÉTODOS.....	102
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
CONCLUSÃO.....	106
REFERÊNCIAS.....	110
CAPÍTULO 5 - Qualidade fisiológica de sementes.....	110
5.1 Qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro especial sob armazenamento.....	110
RESUMO.....	110
INTRODUÇÃO.....	110
MATERIAL E MÉTODOS.....	112
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
CONCLUSÃO.....	123
REFERÊNCIAS.....	123
5.2 Efeito do armazenamento sob a qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro especial tipo exportação.....	127
RESUMO.....	127
INTRODUÇÃO.....	127
MATERIAL E MÉTODOS.....	129
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	132
CONCLUSÃO.....	138
REFERÊNCIAS.....	139
APÊNDICE.....	145

FENOLOGIA, ATRIBUTOS PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO EM CULTIVARES DE FEIJOEIRO ESPECIAL E DE EXPORTAÇÃO

RESUMO – Objetivou-se com o trabalho foram definir os estádios fenológicos de crescimento de acordo com a escala BBCH e o somatório térmico exigidos em cada fase fenológica da planta; avaliar o desempenho agrônomo e qualitativo de cultivares de feijoeiro com grãos especiais e tipo exportação, visando identificar aqueles com potencial produtivo e com características tecnológicas superiores; avaliar o efeito do armazenamento em temperatura ambiente sobre as características qualitativas dos grãos e os atributos fisiológicos das sementes de feijoeiro especial e tipo exportação. Foram utilizadas as cultivares de feijoeiro especial: BRS Radiante, BRS Pitanga, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata. As cultivares tipo exportação avaliadas foram: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça. Em condições de campo, as cultivares foram dispostas em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, na época de outono-inverno de 2018. O somatório térmico foi realizado por meio de observações dos estádios fenológicos a cada dois dias ou semanal durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das cultivares de feijoeiro tipo exportação. Foi utilizado 1,5 kg de grãos de cada cultivar, colocando-as em embalagens plásticas fechadas hermeticamente, sob temperatura ambiente, avaliando-se os atributos qualitativos dos grãos e fisiológicos das sementes aos 0, 60, 120, 180 e 240 dias após o início do armazenamento. Dentre as principais conclusões, pode-se destacar que a descrição dos estádios fenológicos combinada com ilustrações e somatório de graus-dia durante o ciclo da cultura proporcionou melhor esclarecimento das fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. As cultivares EPAMIG Ouro Vermelho, BRS Marfim e BRS Pitanga apresentaram as maiores produtividades, com valores de 2.907, 2.871 e 2.608 kg ha⁻¹, respectivamente. Na qualidade dos grãos recém-colhidos, destacaram-se as cultivares BRS Radiante, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, IAC Tigre e EPAMIG Ouro Vermelho. Quanto as cultivares tipo exportação, BRS Embaixador (3.017 kg ha⁻¹) e BRS FS 305 (2.771 kg ha⁻¹) apresentaram as maiores produtividade de grãos e sobressaíram em relação a qualidade dos grãos, as cultivares BRS Executivo e BRS Embaixador. O armazenamento influenciou os atributos qualitativos e fisiológicos dos grãos e das sementes para todas as cultivares.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., genótipos, graus-dias, estocagem, características agrônômicas, tecnologia dos grãos

PHENOLOGY, PRODUCTIVE AND QUALITATIVE ATTRIBUTES, AND STORAGE INFLUENCE IN SPECIAL AND EXPORT CULTIVARS OF BEANS

ABSTRACT - The objective of the work was a) to define the phenological growth stages according to the BBCH scale and the thermal sum required in each phenological phase of the plant b) to evaluate the agronomic and qualitative performance of bean cultivars with special and export grains type, aiming to identify those with greatest productive potential and technological characteristics; c) to evaluate the effect of storage at room temperature on the qualitative characteristics of the grains and the physiological attributes of the seeds of special and export beans type. The special bean cultivars used were: BRS Radiante, BRS Pitanga, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho and EPAMIG Ouro da Mata. The export type cultivars evaluated were: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador and IPR Garça. Under field conditions, the cultivars were arranged in a randomized block design, with four replications, in the autumn-winter season of 2018. The thermal sum was carried out by observing the phenological stages every two days or weekly during the vegetative and reproductive development of export bean cultivars type. It was used 1.5 kg of grains from each cultivar, placing them in hermetically sealed plastic packages, at room temperature, evaluating the qualitative attributes of the grains and the physiological attributes of the seeds at 0, 60, 120, 180 and 240 days after the beginning of the storage. Among the main conclusions, it can be highlighted that the description of the phenological stages combined with illustrations and sum of degree-days during the culture cycle provided better clarification of the vegetative and reproductive phases of development. The cultivars EPAMIG Ouro Vermelho, BRS Marfim and BRS Pitanga presented the highest yields, with values of 2,907, 2,871 and 2,608 kg ha⁻¹, respectively. In terms of the quality of the recently harvested grains, BRS Radiante, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, IAC Tigre and EPAMIG Ouro Vermelho stood out. Regarding the export type cultivars, BRS Embaixador (3,017 kg ha⁻¹) and BRS FS 305 (2,771 kg ha⁻¹) had the highest grain yield and the cultivars BRS Executivo and BRS Embaixador stood out in relation to grain quality. The storage influenced the qualitative and physiological attributes of grains and seeds for all cultivars.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., genotypes, degree-days, storage, agronomic characteristics, technological of grains

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas mais produzidas no mundo e no Brasil. A sua importância frente às principais explorações agrícolas se deve ao fato de apresentar altos conteúdos proteicos nos grãos, sendo também rico em aminoácidos, carboidratos, fibras e minerais (Fao, 2013; Zucareli et al., 2015).

Os maiores produtores mundiais de feijão são a Índia, Myanmar, Brasil, Estados Unidos, China e México, que juntos são responsáveis por 61% do total produzido no mundo, ou seja, 19 milhões de toneladas (Faostat, 2019). No Brasil o consumo situa-se em 17,4 kg habitante⁻¹ ano⁻¹, sendo o país o maior consumidor do grão, com 3,0 milhões de toneladas de grãos cultivados em uma área de 2,9 milhões de hectares na safra 2018/2019 (Conab, 2019).

Apesar da grande disponibilidade de cultivares de feijoeiro de vários grupos comerciais, o principal tipo de grão produzido no Brasil é o Carioca, de tegumento creme com estrias ou rajas marrom e por conta disso, recebe maior atenção de pesquisas e programas de melhoramento (Lemos et al., 2015). Deve-se destacar que o Brasil é o único produtor e consumidor desse tipo de grão, sendo sua aceitação em nível internacional muito restrita ou quase inexistente, inviabilizando a possibilidade de exportação (Ibrafe, 2018). Outro aspecto importante referente ao tipo de grão carioca é quando ocorre excesso de produção no mercado interno, o produto em condições de armazenamento sofre ação do escurecimento do tegumento, aumentando o tempo de cozimento e diminuindo a capacidade de hidratação, onerando custos e gerando deságio na comercialização (Costa et al., 2001; Ribeiro et al., 2014; Coelho, 2019).

O segundo grupo comercial mais produzido no Brasil é o feijão de tegumento preto, muito consumido nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e na cidade de Brasília, porém o país não é autossuficiente sendo necessária a importação, principalmente da Argentina e da China para abastecer o mercado interno (Conab 2019).

A diversificação da produção de feijão por meio de grãos de diferentes tipos comerciais torna-se uma alternativa interessante visando a melhoria da oferta do alimento ao consumidor, sendo a introdução dos feijões especiais, uma forma de

umentar a renda dos produtores, disponibilizando no mercado interno e externo, um produto diferenciado e com maior valor agregado. Os feijões especiais são todos aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser destinados ou não a exportação, principalmente para a Europa e Ásia (Ferrari e Ramos Junior, 2015), mas também para os EUA, Canadá e México. Este grupo é definido por possuir grãos de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajas de outras cores (Blair et al., 2010).

Observa-se neste grupo comercial uma carência em pesquisas e informações técnicas sobre a performance das cultivares, principalmente em relação a adaptação ao local de cultivo, potencial produtivo, desempenho qualitativo dos grãos e obtenção de sementes de alto valor fisiológico.

De forma geral, o déficit hídrico e a temperatura do ar, são elementos climáticos importantes para o desenvolvimento do feijoeiro, interferindo nas fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Hodges, 1991; Wutke et al., 2000; Hermes et al., 2001), sendo utilizados no zoneamento agrícola para a escolha das regiões aptas ao cultivo da cultura. Assim, torna-se de suma importância o conhecimento da fenologia da planta, ou seja, o estudo das fases vegetativa e reprodutiva em função da sua reação as condições de ambiente (clima) e a interferência nas características morfológicas, destacando o desenvolvimento do sistema radicular, o crescimento de ramos e folhas, bem como a formação de órgãos reprodutivos. O conhecimento dos estádios fenológicos da planta durante as fases vegetativa e reprodutiva, permite a padronização das informações técnicas no campo e, conseqüentemente, a tomada de decisão das práticas culturais a serem adotadas.

Assim, em uma cultivar de feijoeiro, além da adaptabilidade a região de cultivo (condições de clima e de solo), a obtenção de alta produtividade de grãos é de grande importância, fazendo-se necessário o estudo dos componentes de produção como a verificação da população ideal de plantas, a quantidade de vagens por planta e de grãos por vagem, bem como a massa dos grãos. Outros atributos básicos para a escolha de uma cultivar de feijoeiro são: porte da planta, ciclo, resistência a pragas e doenças, bem como à fatores abióticos como tolerância a seca e a altas temperaturas, eficiência na absorção e utilização de nitrogênio, seja na forma mineral ou por meio da fixação biológica e o tipo comercial do grão (Lemos et al., 2015).

Quanto a esse aspecto, o tipo comercial de uma cultivar de feijoeiro deve reunir atributos relacionados com a qualidade dos grãos, englobando as características tecnológicas representadas por três propriedades: comercial, culinária e nutricional. Por qualidade comercial entende-se o tipo de grão formado pelas características cor, brilho, forma e tamanho. A qualidade culinária é constituída pelas características capacidade de hidratação, tempo de cozimento, cor do caldo, sabor e textura dos grãos após o cozimento. A qualidade nutricional é composta pelo teor de proteína bruta, aminoácidos, carboidratos, fibras e minerais (Lemos et al., 2015).

De nada adianta os programas de melhoramento de plantas trazerem para o produtor cultivares com todos esses atributos ou características se não houver disponibilidade de sementes certificadas no mercado, visto que a taxa de utilização de sementes no Brasil para a cultura do feijoeiro é de apenas 20%, sendo um dos motivos para a baixa produtividade média nacional (Lemos et al., 2015; Abrasem, 2018).

Portanto, estudos visando verificar o desempenho agrônômico de cultivares de diferentes tipos comerciais, a influência do armazenamento nos atributos qualitativos dos grãos destinados ao consumo e das sementes para a implantação de uma lavoura, tornam-se essenciais para o crescimento da cadeia produtiva do feijoeiro, da segurança alimentar e do agronegócio brasileiro.

Diante das considerações apresentadas, objetivou-se com o trabalho: a) definir os estádios fenológicos de crescimento de acordo com a escala BBCH e o somatório térmico exigidos em cada estágio da planta para permitir práticas eficientes de manejo de acordo com as exigências da cultura; b) avaliar o desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de feijoeiro com grãos especiais e tipo exportação, visando identificar aqueles com potencial produtivo e com características tecnológicas superiores; c) avaliar o efeito do armazenamento em temperatura ambiente sobre as características qualitativas e fisiológicas dos grãos e das sementes de feijoeiro especial e tipo exportação.

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do feijoeiro

O feijão é um alimento tradicional na alimentação da população brasileira, principalmente para as classes de baixa renda, sendo considerada uma cultura de grande importância econômica, social e nutricional (Fao, 2013). A importância alimentar de seus grãos se deve em razão de serem ricos em carboidratos, minerais, ácidos graxos insaturados, fibra alimentar e vitaminas do complexo B (Silva et al., 2013), exercendo efeitos benéficos na saúde, auxiliando na prevenção de doenças do sistema digestório e do coração, além de contribuírem para a redução do colesterol, no controle glicêmico e na prevenção de câncer de cólon (Moore et al., 1998).

Em termos agrônômicos o feijoeiro apresenta ciclo curto e retorno econômico rápido, tornando-se uma ótima opção para rotação e sucessão de culturas (Carneis Filho et al., 2014; Flôres et al., 2017). No Brasil seu cultivo é realizado em três safras: a primeira, a segunda e a terceira safra de feijão são responsáveis pela produção de 986, 1,3 e 742 milhões de toneladas de grãos colhidos em áreas de aproximadamente 980, 1,4 e 601 milhões de hectares, respectivamente. A produtividade média situa-se em torno de 1.007, 915 e 1.235 kg ha⁻¹ para a primeira, segunda e a terceira safras, respectivamente, no ano agrícola de 2018/2019 (Conab, 2020).

No geral, a 1ª safra (das águas) corresponde a semeaduras realizadas no período de agosto a dezembro, concentrando-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. A 2ª safra (da seca) é semeada nos meses de janeiro a abril e tem como principais produtores alguns estados da região Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. A 3ª safra (de inverno), em que se predomina o cultivo de feijão irrigado, as semeaduras ocorrem nos meses de abril, maio, junho e julho, concentrando-se nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, São Paulo, Bahia e Distrito Federal (Moura e Brito, 2015).

A preferência do consumidor por determinado tipo de grãos é dependente de cada região e estado. No Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná e nos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, o feijão com tegumento preto é o mais popular. Em Goiás e em algumas regiões de Minas Gerais, o feijão roxo é mais popular. O feijão caupi tem preferência no Norte e Nordeste do Brasil (Borém e

Carneiro, 2006), Porém o feijão carioca tem consumo em todas as regiões do Brasil, sendo o mais cultivado e consumido.

Cultivares de feijoeiro

O Brasil possui 360 cultivares de feijoeiro registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2020). Apesar dessa grande disponibilidade de cultivares de vários grupos comerciais (carioca, chumbinho, manteiga, mulatinho, preto, rosinha, roxinho bico-de-ouro, vermelho, branco), o principal grupo cultivado no Brasil é o do tipo carioca (tegumento creme com estrias ou rajadas marrons) e por conta disso, recebe maior atenção de pesquisas e programas de melhoramento (Lemos et al., 2015).

Embora os feijões especiais apresentem grande importância nutricional e econômica sua produção se torna insignificante a ponto de não constar nas estatísticas oficiais do país, no entanto se têm algumas cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, podendo ser cultivadas em várias regiões do Brasil, destacando: BRS Ártico, BRS Embaixador, BRS Executivo, BRSMG União, BRS Pitanga, BRSMG Realce, BRS Radiante, BRS FS 305, IPR Garça, IAC Harmonia, IAC Tigre e IAC Nuance (Mapa, 2020).

As pesquisas com cultivares são importantes para proporcionar informações para os produtores, buscando atender os consumidores com alimentos que são de rápido preparo, pois o tempo é restrito para o preparo das refeições, sendo assim o menor tempo de cozimento é um atributo importante (Costa et al., 2001). Destaca-se também que a escolha correta da cultivar é responsável por 50% do rendimento final da lavoura, sendo necessário plantas vigorosas e mais adaptadas às condições ambientais do local (Pereira et al. 2009).

Tipos especiais de feijão

A espécie de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* é de origem americana e a sua domesticação ocorreu em dois centros: na América Central, México e sul dos Andes, onde se encontram as raças Mesoamericanas, e no norte dos Andes, respectivamente (Singh et al., 1991). Os grãos carioca e preto pertencem à raça

Mesoamericana e possuem massa de 100 grãos inferior a 25 g, portanto, têm grãos pequenos de acordo com a classificação apresentada por Blair et al. (2010). Já os feijões com grãos especiais são originários das regiões Andinas e apresentam uma grande diversidade de cores e seus tamanhos são normalmente o dobro do feijão carioca (Embrapa, 2007). Define-se feijões especiais como todos aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser destinados ou não a exportação, principalmente para a Europa e Ásia (Ferrari e Ramos Junior, 2015), mas também para EUA, Canadá e México e são definidos por possuírem grãos de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajadas de outras cores (Blair et al., 2010).

Como procedem de localidades de clima temperado, seu cultivo no Brasil é muitas vezes inviável. Dessa forma, os programas de melhoramento genético do feijoeiro vêm buscando identificar feijões especiais que melhor se adaptem às condições edafoclimáticas do país (Embrapa, 2007). Os feijões especiais consumidos no mercado interno são o mulatinho, bolinha, rajado, roxo, rosinha, entre outros. Os consumidos no mercado externo tem que ter forma redonda, elíptica ou ovoide, com cores branca, creme, marrom ou amarela, sendo na maioria das vezes fosca e com massa de 100 grãos de 60 a 70 g (Ferrari e Ramos Junior, 2015).

A demanda mundial por feijões especiais tipo exportação é grande. O consumidor de cada país apresenta preferências particulares que envolvem cor, tamanho e forma (Tabela 1), sendo os grupos comerciais de maior interesse internacional o Cranberry, Sugar Bean, Branco, Dark Red Kidney, Light Red Kidney e Calima (Embrapa, 2019).

A demanda por novos tipos comerciais de feijão vem aumentando nos últimos anos no Brasil, podendo ser uma alternativa viável para agricultores com área de produção de pequena a média. Os feijões especiais podem ser explorados no país, mas para isso, precisa organizar a cadeia produtiva composta por produtor, exportador, indústria e consumidor (Thung et al., 2008; Ferrari e Ramos Junior, 2015).

Tabela 1- Tipos de feijões especiais, características do tegumento e países importadores

Tipo comercial	Características do grão	País importador
Alubia	Branco lustroso, alongado, cilindro, extremidade aguda grande (maior que 55 g/100 grãos)	Itália, Turquia, França, Espanha
White Kidney	Branco, forma de rim, grande	Espanha, Itália, Países Árabes, Maghreb, Turquia
Great Northern	Branco com formato ovoide, tamanho médio (maior que 40 e menor que 55 g/100 grãos), cerca de duas vezes maior que o Navy beans	Países em torno do mar Mediterrâneo
Navy beans	Branco esférico, cutícula lisa e fina, muito pequena (menor que 27 g/ 100 grãos)	Inglaterra, Espanha, Países Árabes, Maghreb
Cranberry	Rajado de forma ovoide alargado, grande (maior que 55 g/100 grãos)	Itália, Irã, Espanha, Turquia
Sugar bean	Rajado, ovoide alargado, com forma mais achatada e grande	Quênia, África do Sul
Pinto beans	Pintado, ovoide aplanado, mediano, jaspeado	Chile, Países do leste Europeu, Grécia
Mantequilla	Branco, alongado e achatado, com formato de rim, grande	Portugal, Espanha
Light Red Kidney	Rosada em forma de rim, grande	França, África do Sul, Portugal, Espanha, Itália
Dark Red Kidney	Roxo escuro, forma de rim, alongado e grande	Alemanha, França, Turquia, Itália, Índia, Paquistão, Bélgica, Países baixos, Luxemburgo
Nima ou Calima (Red Pinto)	Roxo com pinta creme, forma cilíndrica e bordas angulares	Caribe

Fonte: Adaptado de Thung et al. (2008 e 2011).

A expansão do cultivo de feijão de grãos especiais terá significativo impacto no desenvolvimento do mercado do feijoeiro. Porém, esses grãos são comercializados nos supermercados e nas feiras livres, com pouca oferta normalmente, em embalagens menores e com preços que superam em duas vezes ou mais o preço do feijão carioca e preto, agregando alta rentabilidade ao produtor de feijão dessas classes (Ribeiro et al., 2014). À medida que esses grãos tiverem sua disponibilidade aumentada no comércio e com preço mais acessível, haverá mudança na preferência dos consumidores por diferentes tipos de grãos (Ferrari e Ramos Junior, 2015).

Fenologia e somatório térmico do feijoeiro

A fenologia é o estudo dos eventos do ciclo de vida animal ou vegetal, correlacionados com o clima envolvente. determinada por fases que marcam o aparecimento ou desaparecimento de órgãos vegetativos e reprodutivos, tais como a emergência de plantas, aparecimento de brotos, flores e frutos. A organização das datas fenológicas proporciona informações importantes sobre a duração média das diferentes fases das distintas espécies em uma área, sobre o local e as diferenças determinadas pelo clima nas datas de início destas fases (Larcher, 2000).

A duração das fases fenológicas pode variar em função da cultivar e das condições climáticas de cada região produtora, ou em uma mesma região, devido as variações estacionais do clima ao longo do ano (Neis et al., 2010), sendo que de todas as condições climáticas, a temperatura do ar e a disponibilidade hídrica são fatores principais na sobrevivência e adaptação de qualquer vegetal nas distintas regiões agroclimáticas (Wutke et al., 2000). Conhecer e utilizar as fases fenológicas de qualquer espécie pode ser uma ferramenta fundamental para produtores tomarem decisões mais corretas relativas às técnicas culturais, o controle de insetos-pragas e doenças, e à aplicação de adubos (Martinelli et al., 2014).

O feijoeiro é uma planta que tem o seu ciclo biológico dividido nas fases vegetativas (V0, V1, V2, V3 e V4) e reprodutiva (R5, R6, R7, R8 e R9). Em cada fase fenológica as plantas têm exigências diferentes por nutrientes e água, e respondem melhor ao controle de plantas daninhas, pragas e doenças feitas na fase correta. Identificar os momentos certos para a tomada de decisões, de produtores e técnicos,

para aumentar a produtividade do feijoeiro é de suma importância (Oliveira et al., 2018).

A escala BBCH (Biologische Bundesantalt Bundessortenamt and CHemical industry) é um sistema com um código decimal uniforme para as fases fenológicas das espécies de plantas monocotiledóneas e dicotiledóneas (Hack et al., 1992). O código decimal, que está dividido em estados de crescimento principais e secundários, é baseado no código para cereais desenvolvido por Zadocks et al. (1974), de modo a evitar grandes mudanças desta chave fenológica muito utilizada (Hack et al., 1992). A escala BBCH foi apresentada como sistema de codificação decimal para culturas herbáceas e lenhosas (Hack et al., 1992).

Nos últimos anos, a aplicação da escala BBCH foi estendida a árvores frutíferas como caqui (García-Carbonell et al., 2002), abacateiro (Alcaraz et al., 2013). Porém, para as o feijoeiro comum ainda não foi utilizada.

O feijoeiro é bastante sensível às oscilações das condições ambientais de temperatura do ar e umidade do solo. No geral, temperaturas muito elevadas ou muito baixas, no período de florescimento e frutificação são as mais drásticas à cultura, na qual tem como adequada a faixa entre 15 e 29 °C para o seu desenvolvimento (Silva et al., 2006). A temperatura do ar é o principal fator meteorológico que interfere na exploração do feijoeiro em várias regiões e localidades (Wutke et al., 2000).

O conhecimento das condições térmicas e sua influência no crescimento e no desenvolvimento das plantas constitui um dos fatores essenciais para a maximização da produção, no zoneamento agroclimático de espécies cultivadas proporcionando redução no risco de perdas na atividade agrícola (Tazzo et al., 2015). A determinação das unidades térmicas ou graus-dia é de essencial importância para otimizar a produção, auxiliar em programas de melhoramento e na escolha correta de espécies e genótipos mais adaptados as condições climáticas do local de cultivo (Martins et al., 2012; Souza e Martins, 2014).

O método dos graus-dia admite uma relação linear entre o aumento da temperatura do ar e o desenvolvimento do vegetal e cada espécie e genótipo da mesma espécie possuem como característica, uma temperatura base inferior que abaixo desta o crescimento da planta é paralisado ou ocorre em taxas pequenas, que para fins de cálculos é negligenciável (Freitas et al. 2017). Essa temperatura base

pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta, e é comum, no entanto, adotar uma única temperatura como base para todo o ciclo do vegetal (Fagundes et al., 2010; Pilau et al., 2011).

A soma térmica fundamenta-se no acúmulo diário de unidades térmicas para atingir um determinado estágio de desenvolvimento, acima de uma temperatura base inferior e abaixo de uma temperatura base superior (TB), sendo que a TB é dificilmente atingida em condições de campo e pode ser desconsiderada para fins de cálculo (Pilau et al., 2011). A determinação das unidades térmicas é de essencial importância para otimizar a produção e a qualidade das mudas, auxiliar em programas de melhoramento e na escolha correta de espécies e genótipos mais adaptados as condições climáticas do local de cultivo (Martins et al., 2012; Souza e Martins, 2014).

Efeito do armazenamento nos atributos qualitativos dos grãos

Os atributos qualitativos do feijoeiro são essenciais no momento da compra pelos consumidores, em que o produto deve apresentar menor tempo de cozimento, adequada capacidade de hidratação, teor de proteína adequado, coloração clara do tegumento e que não se partam durante o cozimento e alta expansão dos grãos após o cozimento (Carbonell et al., 2003; Ramalho e Abreu, 2006). Durante o armazenamento alguns destes atributos são alterados, principalmente pelo aumento do tempo de cozimento e escurecimento do tegumento, o que leva a perda de valor comercial (Lima et al., 2014).

Geralmente o armazenamento do feijão é feito em alta temperatura (30 a 40 °C) e umidade do ambiente (>75%), condições comuns em países tropicais como o Brasil, o que provoca a perda gradual da qualidade nutricional e sensorial (Nasar-Abbas et al., 2008).

A velocidade de deterioração e perda de qualidade dos grãos depende das condições ambientais e dos próprios componentes químicos e físicos dos grãos no momento inicial da estocagem. Condições ambientais desfavoráveis favorecem a incidência de grãos “*hardshell*” e “*hard to cook*”, na qual os grãos ficam endurecidos e resistentes ao cozimento fazendo que o grão tenha baixa aceitabilidade pelos

consumidores, além de diminuir a digestibilidade e absorção das proteínas (Oliveira et al., 2011).

Vários autores destacaram que ao armazenarem os grãos de feijão sob temperatura ambiente, as características tecnológicas sofreram influência aumentando o tempo de cocção (Bragantini, 2005; Coelho et al., 2009); diminuição da capacidade de penetração da água nos grãos (Morais et al., 2010) e queda dos teores ou conteúdos de proteínas (Pinto et al., 2020). A necessidade do desenvolvimento de pesquisas para entender a interação cultivares de feijoeiro de grãos especiais e o ambiente de armazenamento são importantes para inserir no mercado produtos com características nutricionais e culinárias satisfatórias.

Influência do armazenamento nos atributos fisiológicos das sementes

As sementes são responsáveis por grande parte do rendimento de uma lavoura, podendo ser considerada o insumo de maior significância no contexto de produtividade, e para que seja considerada de alta qualidade, deve apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas (França Neto et al., 2010).

A qualidade fisiológica da semente tem relação direta com sua capacidade de desempenhar as funções vitais de longevidade, germinação e vigor (Toledo et al., 2009), que são influenciadas pelas condições nas quais são armazenadas entre a colheita e a semeadura. Assim, ocorrerá queda da qualidade fisiológica de sementes afetando a velocidade e a emergência das plântulas, o vigor da planta, acarretando na diminuição na população de plantas (Marcos Filho, 1998).

O armazenamento é uma etapa essencial para a produção de sementes (Catão et al., 2010), devendo ser conduzido de maneira a reduzir ao máximo as reações bioquímicas que provocam a perda da qualidade fisiológica das sementes (Villa e Roa, 1979). Entre os problemas mais frequentes no armazenamento estão a temperatura e a umidade que talvez sejam os fatores físicos de maior importância na conservação de sementes (Silva, 2008).

A qualidade das sementes durante o armazenamento não pode ser melhorada, mas sim preservada com o mínimo de deterioração possível, visando manter o vigor e o poder germinativo pelo maior período possível (Goldfarb e Queiroga, 2013). As

circunstâncias de armazenamento são determinantes para garantia da qualidade fisiológica das sementes, boas condições ao longo deste período contribuem para mantê-las viáveis por um tempo mais longo, prorrogando o processo de deterioração (Almeida et al., 2010). No entanto, pouco se sabe a respeito da influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro de grãos especiais.

REFERÊNCIAS

Alcaraz ML, Thorp TG, Hormaza JI (2013) Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**164:434-439.

Almeida FDAC, Jerônimo ES, Alves NMC, Gomes J, Silva AS (2010) Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais** 12:189-202.

Associação Brasileira de Sementes e Mudas - ABRASEM (2018). **Anuário – Semente é tecnologia**, 130p.

Borém A, Carneiro, JES (2006) A cultura do feijão In: Vieira C, Paula Junior TJ, Borém A **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, p. 13-16.

Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic** 121:237-248.

Bragantini C (2005) **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.28.

Carbonell SAM, Ito MF, Azevedo Filho JÁ, Sartori JÁ (2003) Cultivares comerciais de feijoeiro para o Estado de São Paulo: Características e melhoramento. In: Castro JL, Ito MF (Coord.). **Dia de campo de feijão**, Capão Bonito. Campinas: Instituto Agronômico, p. 5-27 (Documentos IAC, 71).

Carmeis Filho ACA, Cunha TPL, Mingotte FLC, Amaral CB, Lemos LB, Fornasieri Filho D (2014). Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga** 27:66-75.

Catão HCRM, Costa FM, Valadares SV, Dourado ER, Brandao Junior DS, Sales NLP (2010) Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural** 4:2060-2066.

Coelho SEM, Prudêncio SH, Nóbrega LHP, Leite CFR (2009) Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia** 33:539-544.

Coelho JD (2019) **Produção de grãos – feijão, milho e soja**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Ano 4, n. 96, p.12.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020). **Safra série histórica**. Disponível em: < <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard> >. Acesso em: 07 jun. 2020.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2019). **Portal de Informações Agropecuárias, Observatório Agrícola, Grãos – Série histórica** [internet]. Brasília, DF: Conab, 2019. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historicadashboard>>. Acesso em 15 Jun. 2020.

Costa GR, Ramalho MAP, Abreu AFB (2001) Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia** 25:1017-1021.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2007). **Arroz e feijão integram mostra tecnológica da Embrapa**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2006/060313.htm>> Acesso em: 6 jun. 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2019). **BRS FS305: cultivar de feijão para exportação com grãos calima**. Comunicado técnico 250, Santo Antônio de Goiás, GO, p.7.

Fagundes JD, Streck NA, Storck L, Reiniger LRJ (2010) Temperatura base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia** 69:499-507.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

Food and Agriculture Organization - FAOSTAT (2019) **Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 08 out. 2020.

Ferrari S, Ramos Júnior EU (2015) Tipos especial de feijão. In: Arf O, Lemos L.B.; Soratto RP, Ferrari S (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris*** L. Botucatu: FEPAF, p.370-386.

Freitas CH, Martins FB, Abreu MC (2017) Cardinal temperatures for the leaf development of *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus urophylla* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 52:283-292.

França Neto JB, Krzyzanowski FC, Henning AA (2010) A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, 20:037-038.

Flôres JA, Amaral CA, Pinto CC, Mingotte FLC, Lemos LB (2017) Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47: 195-201.

García-Carbonell S, Yague B, Bleiholder H, Hack H. Meier U, Augustí M (2002) Phenological growth stages of the persimmon tree (*Dyospyros kaki*). **Annals of Applied Biology** 141:73-76.

Goldfarb M, Queiroga VP (2013) Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnologia e Ciência Agropecuária** 7:71-74.

Hack H, Bleiholder H, Buhr L, Meier U, Schnock-Fricke U, Weber E, Witzemberger A (1992) Einheitliche Codierung der phanologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen-Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. **Nachrichtenbl. Deut** 44:265-270.

Hermes CC, Medeiros SLP, Manfron PA, Caron B, Pommer SF, Bianchi C (2001) Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 9:269-275.

Hodges TF (1991) **Predicting crop phenology**. Boca Raton: Florida, p. 233.

IBRAFE - Instituto Brasileiro do Feijão (2018). **Revista IBRAFE**, Ano 2, Edição 2, junho de 2018. Curitiba (PR). Disponível em: http://www.ibrafe.org/wp-content/uploads/2018/09/IBRAFE_REVISTA_ED2_VF_digital.pdf. Acesso em: 05 out. 2020.

Larcher, W (2000) **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, p.123.

Lemos BL, Mingotte FLC, Farinelli R (2015). Cultivares. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RS, Ferrari S (Eds). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris***. Botucatu: FEPAF, p. 181-207.

Lima RAZ, Tomé LM, Abreu CMP (2014) Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural** 44:1664-1670.

Marcos Filho J (1998) **Soja: tecnologia da produção**. Avaliação da qualidade de sementes de soja. Piracicaba: Editor G.M.S. Câmara. p. 206-243.

Martins FB, Reis DF, Pinheiro MVM (2012) Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural** 43:1975-1981.

Martinelli T, Andrzejewska J, Salis M, Sulas L (2014) Phenological growth stages of *Silybum marianum* according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology** 166:53-66.

Martins FB, Reis DF, Pinheiro MVM (2012) Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural** 43:1975-1981.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020). **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php> Acesso em: 07 jun. 2020.

Morais PPP, Valentini G, Guidolin AF, Baldissera JNC, Coimbra JLM (2010) Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica** 4:593-598.

Moore MA, Park CB, Tsuda H (1998) Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/ Hematology** 27:229-242.

Moura AD, Brito LM (2015) Aspectos econômicos In: Carneiro JE, Paula Junior TJ, Borém A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 384.

Nasar-Abbas SM, Pummer JÁ, Siddique KHM, White P, Harris D, Dods K (2008) Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role lignins and other phenolics in bean hardening. *LWT. Food Science and Technology* 41:1260-1267.

Neis S, Santos SC, Assis K C, Mariano ZF (2010) Caracterização fenológica e requerimento térmico para a videira Niagara rosada em diferentes épocas de poda no Sudoeste Goiano. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32:931-937.

Oliveira VR, Ribeiro ND, Maziero SM, Cargnelutt Filho AC, Jost E (2011) Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. *Ciência Rural* 41:746-752.

Oliveira MGC, Oliveira LFC, Wendland A, Guimarães CM, Quintela ED, Barbosa G R, Silveira PM (2018) **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fototécnicos**. Brasília, DF: EMBRAPA 59 p.

Pereira HS, Melo LC, Faria LC, Del Peloso MJ, Costa JGC, Rava CA, Wendland A (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:29-37.

Pinto CC, Amaral CB, Oliveira C, Flôres, JÁ, Lemos LB (2020). Efeito do armazenamento em cultivares de feijoeiro para comercialização. *Cultura Agrônômica*, 29:92-105.

Pilau FG, Battisti R, Somavilla L, Schwerz L (2011) Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. *Bragantia* 70:958-964.

Ramalho MAP, Abreu AFB (2006) Cultivares. In: Vieira C, Paula Junior TJP, Borém A (Ed.). **Feijão**. 2.ed. Viçosa: UFV, p.415-436.

Ribeiro ND, Domingues LDS, Gruhn EM, Zemolin AEM, Rodrigues JDA (2014) Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especial. *Revista Ciência Agrônômica*, 45:92-100.

Silva JS (2008) **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 560p.

Silva MO, Brigide P, Canniatti-Brazaca SG (2013) Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentos e Nutrição** 24:339-346.

Silva VR, Reichert JM, Reinert JD (2006) Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciências do solo** 30:391-399.

Souza PMB, Martins FB (2014) Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia** 29:307-313.

Tazzo IF, Fagherazzi AF, Lerin S, Kretschmar AA, Rufato L (2015) Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura** 37:550-558.

Thung M, Aidar H, Soares DM, Kluthcousky J (2008) Qualidade de grãos de feijão para exportação, In: Congresso nacional de pesquisa de feijão, Campinas, Anais... Intitulo Agrônômico de Campinas, **documentos IAC**, 85:1734-1740.

Thung M, Soares DM, Aidar H, Kluthcousky J (2011) Feijões tipo exportação, estamos prontos para exportar? In: **Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 10:1-4.

Toledo M Z, Fonseca NR, César ML, Soratto RP, Cavariani C, Crusciol CAC (2009) Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 39:124-133.

Singh SP, Gepts P, Debouch DG (1991) Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, 45:379-396.

Villa LG, Roa G (1979) **Secagem e armazenamento da soja industrial e sementes a granel**. Campinas: Fundação Cargill 64p.

Wutke EB, Brunini O, Barbano MT, Castro JL, Gallo PB, Kanthack RAD, Silveira LCP (2000) Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia** 8:55-61.

Zadocks JC, Chang TT, Konzak CF (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, 14:415-421.

Zucareli C, Brzezinski CR, Abati J, Werner F, Ramos Júnior EU, Nakagawa J (2015) Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 19:803-809.

CAPÍTULO 2 - Soma térmica e descrição fenológica de acordo com a escala BBCH para o feijoeiro¹

Adailza G. Cavalcante¹, Leandro B. Lemos², Flávia C. Meirelles¹, Alian C. P. Cavalcante³, Leonardo A. de Aquino⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, São Paulo, Brasil; ²Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, São Paulo, Brasil; ³Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil; ⁴Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO: O feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. é uma leguminosa de importância econômica e alimentar para os países de clima tropical e subtropical. Assim, objetivou-se definir os estádios fenológicos de crescimento de acordo com a escala Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industry (BBCH) e o somatório de graus-dia para otimizar as práticas de manejo em consonância com a fenologia da planta. Foram detectados todos os estádios fenológicos utilizando-se a escala BBCH (germinação, desenvolvimento foliar, formação de brotações laterais, alongamento da haste, emergência de inflorescências, floração, desenvolvimento de vagens e senescência da planta). A descrição dos estádios fenológicos combinada com ilustrações e o somatório de graus-dia durante o ciclo da cultura proporcionam melhor esclarecimento dessas fases fenológicas. A identificação dos estádios vegetativos e reprodutivos do feijoeiro permite programar os manejos da cultura em diferentes condições ambientais, considerando o acúmulo térmico.

Palavras-chave: Estádios de desenvolvimento, Graus-dia, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro pertence à família *Leguminosae* é cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical, e em muitas regiões, é possível a produção dos grãos em até três safras anuais (Fao, 2014). Devido seu consumo ser em âmbito mundial, o feijoeiro é considerado uma importante fonte de proteínas, vitaminas, minerais e fibras, constituindo-se um alimento primário na dieta em vários países (Khanala et al., 2014).

Os feijões com grãos especiais são originários das regiões Andinas da América Latina e apresentam grande diversidade de cores e de tamanhos, comumente o dobro do feijão carioca

¹ Este Capítulo refere-se ao artigo publicado na Revista Annals of Applied Biology, 2020.

(Gonçalves et al., 2010). Possuem boa demanda no mercado internacional, especialmente os brancos, os vermelhos e os rajados com tegumento creme, com rajas vermelhas (Thung et al., 2009). A temperatura do ar é o principal elemento do ambiente condicionante do desenvolvimento, interferindo tanto no surgimento de folhas quanto na mudança dos estádios fenológicos e para a cultura do feijoeiro se torna um fator determinante para sua exploração (Hermes et al., 2001; Wutke et al., 2000). A caracterização do desenvolvimento vegetal auxilia na elaboração e aplicação de estratégias de manejo nas culturas agrícolas (Hodges, 1991).

A fenologia é o estudo dos eventos do ciclo de vida animal ou vegetal, correlacionados com o clima envolvente. A utilização de um guia para eventos ou fases fenológicas de qualquer espécie pode ser uma ferramenta fundamental para produtores tomarem decisões mais corretas relativas às técnicas culturais, à utilização de fitofármacos e à aplicação de adubos (Martinelli et al., 2014). A escala Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical Industry (BBCH) é um sistema com código decimal uniforme para as fases fenológicas próximas para as espécies de plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (Hack et al., 1992), como o feijoeiro é uma dicotiledônea pode ser facilmente aplicado a esta espécie.

O código decimal, que está dividido em estádios de crescimento principais e secundários, é baseado no código para cereais desenvolvido por Zadoks et al. (1974). Vários trabalhos foram desenvolvidos utilizando-se a escala BBCH para descrever as fases fenológicas de algumas espécies, podendo-se citar - pinha (*Annonas squamosa* L.) - Liu et al. (2015); - pepino (*Solanum muricatum*) - Herraiz et al. (2015); sapoti (*Manilkara zapota*) - Kishore & Mahanti (2016); tomate de árvore (*Solanum betaceum* Cav.) - Acosta-Quezada et al. (2016); Feijoa [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] - Ramírez e Kallarackal (2018); abacate (*Persea americana* Mill) - Márquez-Santos et al. (2020).

Os feijões com grãos especiais tipo exportação tem destaque com relação a exportação, uma vez que no mercado internacional o produto comercializado são os feijões de grãos graúdos (Barros, 2007). Superam em duas vezes ou mais o preço do feijão carioca e preto, agregando alta rentabilidade ao produtor de feijão dessas classes (Ribeiro et al., 2014).

As fases fenológicas por meio da escala BBCH, bem como pela soma térmica (graus-dia) não estão descritas para as cultivares de feijoeiro comum tipo exportação. Objetivou-se definir os estádios fenológicos de crescimento de acordo com a escala Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industry (BBCH) e o somatório de graus-dia para otimizar as práticas de manejo em consonância com a fenologia da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na cidade de Jaboticabal, SP, no Câmpus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no ano agrícola 2018/2019. A área está localizada a 21° 14' 33'' S de latitude, 48° 17' 10'' W de longitude e a 565 metros de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Os estádios fenológicos foram estudados em cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. com hábito de crescimento tipo I (BRS Ártico, BRS Embaixador e IPR Garça) e tipo II (BRS Executivo e BRS FS 305). As observações dos estádios fenológicos para o feijoeiro comum foram realizadas a cada dois dias ou semanal dependendo do estágio de desenvolvimento da planta durante as primeiras horas da manhã. As plantas foram fotografadas de acordo com as mudanças dos estádios fenológicas usando uma Canon SX 160 IS com lente zoom lens 16X.

Os dados referentes às condições climáticas de temperatura e precipitação pluvial foram obtidos por meio da Estação Meteorológica localizada no câmpus da UNESP – Jaboticabal, SP e os valores obtidos podem ser observados na Fig. 1.

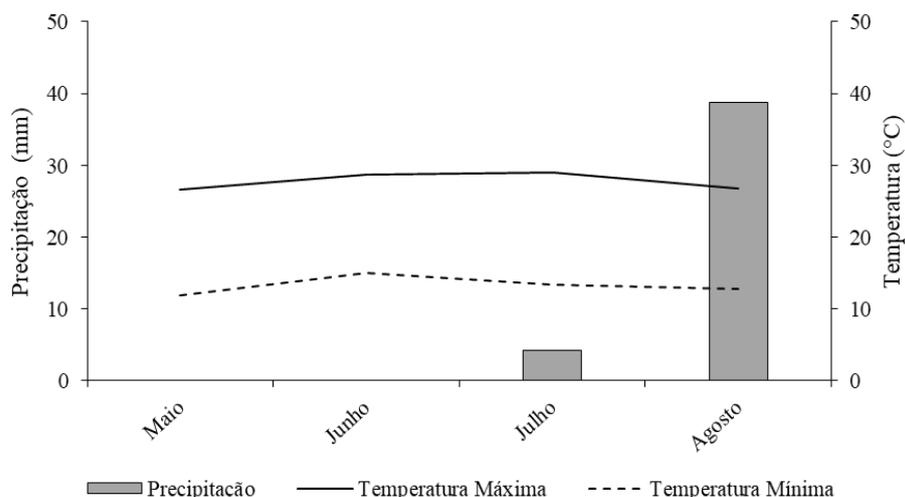


Figura 1- Dados mensais climáticos e pluviométricos durante a condução do experimento, Jaboticabal, SP-2018. Fonte: Estação agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas UNESP, Jaboticabal, SP.

A escala BBCH proposta por Meier (2001) e a escala fenológica proposta por Oliveira et al. (2018) foram empregadas para caracterizar o desenvolvimento fenológico do feijoeiro: Germinação (V0), Cotilédones acima do solo (V1), folhas cotiledonares expandidas (V2), primeira folha trifoliolada (V3), terceira folha trifoliolada (V4), botão floral (R5), antese da

primeira flor (R6), primeira vagem tipo canivete (R7), enchimento dos grãos (R8) e maturação fisiológica com mudança na cor da vagem (R9) (Tab. 1).

Tabela 1. As fases de crescimento fenológico do feijoeiro com base na escala BBCH são descritas da seguinte forma.

Fase principal de crescimento 0: Germinação	
00	Semente seca
01	Início da embebição das sementes
03	Embebição da semente completa
05	Radícula emergiu da semente
07	Plúmula surgiu da semente (plúmula aparente)
08	Plúmula crescendo em direção á superfície do solo
09	Emergência: emerge através da superfície do solo (Fig. 1A)
Fase principal de crescimento 1: Desenvolvimento da folha	
10	Par de cotilédones visível (Fig. 1B)
11	Primeira folha desdobrada (Fig. 1C)
12	Duas folhas desdobradas (Fig. 1D)
13	Três folhas desdobradas
1....	Estádios contínuos até.....
19	Nove ou mais folhas desdobradas (Fig. 1E)
Fase principal de crescimento 2: Formação de brotações laterais	
20	Sem ramos laterais
21	Início do desenvolvimento de ramos laterais: primeiro ramo lateral detectável
22	Dois ramos laterais detectáveis
23	Três ramos laterais detectáveis
2...	Estágios contínuos até ...
29	Fim do desenvolvimento da parte lateral: nove ou mais ramos laterais detectáveis
Fase principal de crescimento 3: alongamento da haste	
30	Início do alongamento da haste
31	Um internódio visivelmente extenso
32	Dois internódios visivelmente estendidos
33	Três internódios visivelmente estendidos
3....	Estágios contínuos até.....
39	Nove ou mais entrenós visivelmente estendidos
Fase de crescimento principal 5 : emergência da inflorescência	
50	Botões florais presentes, ainda fechados por folhas
51	Primeiros botões florais visíveis fora da folha
55	Primeiros botões florais individuais visíveis fora das folhas, mas ainda fechados
59	Primeiras pétalas visíveis, muitas flores individuais,

ainda fechadas

Fase principal de crescimento 6: floração

60	Primeiras flores abertas
61	Flores abrem no primeiro racimo
63	Flores abrem no terceiro racimo
65	Floração completa: flores abertas em cinco racimos por planta
67	Floração em declínio
69	Fim da floração

Fase principal de crescimento 7: Desenvolvimento de vagens

70	Primeiras vagens atingiram o comprimento final
71	10% das vagens atingiram o tamanho final
72	20% das vagens atingiram o tamanho final
73	30% das vagens atingiram o tamanho final
74	40% das vagens atingiram o tamanho final
75	50% das vagens atingiram o tamanho final
76	60% das vagens atingiram o tamanho final
77	70% das vagens atingiram o tamanho final
78	80% das vagens atingiram o tamanho final
79	Quase todas as vagens atingiram o tamanho final

Fase principal de crescimento 8: Amadurecimento

80	Início do amadurecimento: semente verde, preenchendo a cavidade da vagem
81	10% das vagens maduras, semente secas e duras
82	20% das vagens maduras, semente secas e duras
83	30% das vagens maduras, semente secas e duras
84	40% das vagens maduras, semente secas e duras
85	50% das vagens maduras, semente secas e duras
86	60% das vagens maduras, semente secas e duras
87	70% das vagens maduras, semente secas e duras
88	80% das vagens maduras, semente secas e duras
89	Completamente maduro: quase todas as vagens escuras, sementes secas e duras

Fase principal de crescimento 9: Senescência

93	Hastes começam a escurecer
95	50% dos caules castanhos ou petos
97	Planta morta e seca
99	Produto colhido

Nota: Adaptado de Weber e Bleiholder (1990); Lancashire et al. (1991).

Os graus-dia foi calculada por meio da equação 1 proposta por Arnold (1960). A temperatura base inferior (T_b) de 10 °C foi utilizada para todo o ciclo do feijoeiro conforme Manfron et al. (1993); Wutke et al. (2000); Bastos et al. (2002).

$$STd = \left[\frac{(T^{\text{max}} + T^{\text{min}})}{2} \right] - Tb * dia \quad (1)$$

Tmáx: temperatura máxima do ar (° C); Tmin: temperatura mínima do ar (° C); Tb = temperatura base (° C); somatório térmico diário (STd). O somatório térmico acumulado (STa) durante todo o ciclo da cultura e das fases fenológicas foi obtido pela soma do tempo térmico diário necessário para atingir a fase fenológica em avaliação, conforme a Equação 2:

$$STa = \sum_{i=1}^n STd \quad (2)$$

Onde, n é o número de dias para completar todo ou parte do ciclo fenológico do feijoeiro; i é o início do estágio fenológico em estudo.

As fases fenológicas foram definidas considerando o aparecimento de órgãos específicos da planta, tendo como vantagens a simplicidade e fácil identificação no campo e define o início e o fim da fase fenológica da cultura (Streck et al., 2006). Os dados diários de temperatura para o cálculo da soma térmica foram coletados na estação agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas UNESP, Jaboticabal, SP.

RESULTADOS

Os estádios de crescimento fenológico identificados de acordo com a escala BBCH (Fig. 1) para o feijoeiro estão representados na Fig. 2 e o somatório de graus-dia para cada fase fenológica de desenvolvimento da cultura estão nas Fig. 3A e 3B.

A fase principal de crescimento 0: Ocorre germinação da semente encontram-se na Figura 2A e o acúmulo de unidades térmicas acumuladas necessárias para emergência das plântulas no subestádio V1 para os hábito de crescimento tipo I e tipo II, se observou que o acúmulo térmico foi de 92,5 e 92,9 °C dia⁻¹ (Fig. 3A e 3B).

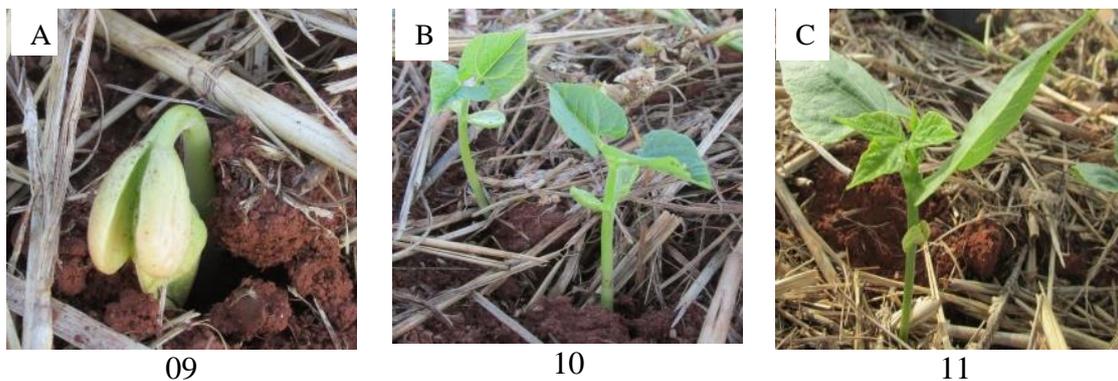




Figura 2. Fase de crescimento fenológico de acordo com a escala BBCH de dois dígitos: germinação 0 (A e B); desenvolvimento de folhas (C, D e E), desenvolvimento de botões florais (F); floração (G, H e I); desenvolvimento de vagem (J e K); grãos verde preenchendo a cavidade da vagem (L e M); senescência das plantas (N); produto colhido (O).

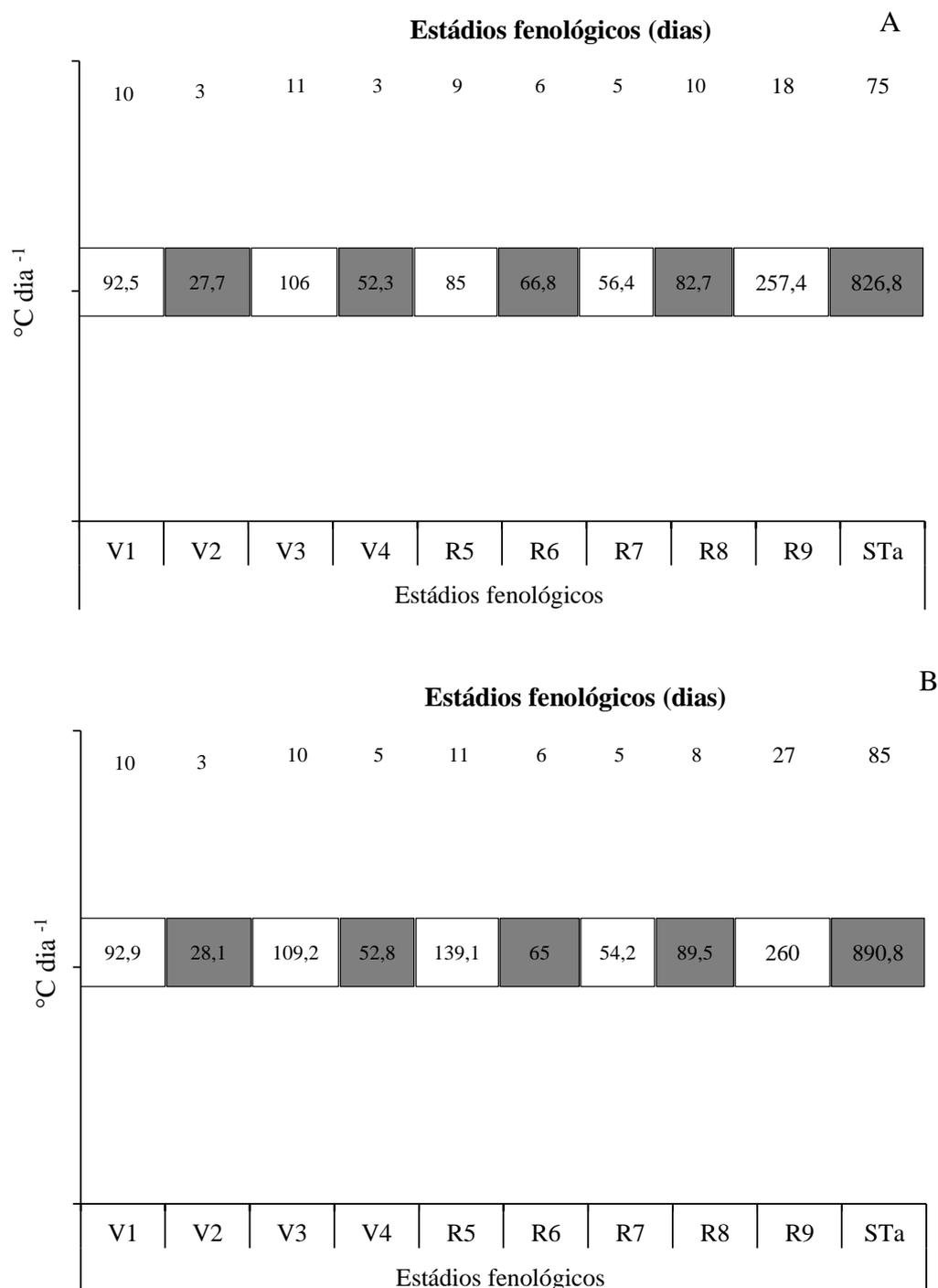


Figura 3. Fases fenológicas e somatório térmico acumulado para o feijoeiro com hábito de crescimento tipo I (A) e tipo II (B), cultivadas na UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. V1= Emergência; V2= folhas primárias; V3= Primeira folha composta aberta; V4= Terceira folha trifoliolada aberta; V5= Pré-floração; V6= Floração; V7= Formação de vagens; V8= Preenchimento de vagens; V9= Maturação; STa = soma térmica acumulada durante todo o desenvolvimento da cultura.

O estágio de crescimento principal 1: O desenvolvimento das folhas inicia-se quando os pares de cotilédones ficam visíveis e as primeiras folhas ficam desdobradas (Fig. 2B e 2C). Os próximos estágios das folhas da haste continuam com o desdobramento da primeira folha

verdadeira na haste principal e terminam quando pelo menos nove ou todas as folhas da haste principal são desdobradas.

Na Fig. 2D encontra-se o desenvolvimento foliar da planta de feijoeiro quando se encontrava com duas folhas desdobradas e na Fig. 2E a planta em pleno desenvolvimento foliar com cinco ou mais folhas totalmente desenvolvidas. O somatório térmico para esse subestádio denominado V2 ficou com média de 27,7 e 28,1 °C dia⁻¹ (Fig. 3A e 3B).

Fase Principal de Crescimento 2: caracteriza-se por formação de brotações laterais nas plantas de feijoeiro, que ocorre com o surgimento de hastes laterais. As plantas necessitaram de um acúmulo de 106 e 109,2°C dia⁻¹ nessa etapa, necessitando de um acúmulo térmico maior se comparado o subestádio anterior.

Fase principal de crescimento 3: Nessa fase ocorre o alongamento do caule, quando jovens são suculentos e verdes. O crescimento dos caules nas plantas com corpo secundário tem dois componentes - alongamento e espessamento (engrossamento) – respectivamente, conduzido pelo meristema apical e pelo câmbio vascular nas dicotiledóneas como é o caso das plantas de feijoeiro (Aguiar, 2014).

Fase Principal de Crescimento 5: Ocorre o desenvolvimento dos ramos secundários e o surgimento dos primeiros botões florais como se observa na Fig. 2F. O somatório térmico necessário para atingir este subestádio fenológica foi de 85 e 139,1 °C dia⁻¹.

Fase Principal de Crescimento 6: Na Fig. 2G, H e I observa-se a floração das plantas do feijoeiro, na qual se tem as primeiras flores abertas agrupadas em duas ou mais podendo ser branca, rósea ou roxa.

Fase Principal de Crescimento 7: Desenvolvimento de vagens Fig. 2J, ocorre quando as flores são fecundadas e as pétalas murcham (Oliveira et al., 2018), necessitando de 66,8 e 65 °C dia⁻¹.

Fase Principal de Crescimento 8: O amadurecimento das vagens as quais começam a perder a coloração verde (Fig. 2 K e L). O feijoeiro necessitou de 82,7 e 89,5 °C dia⁻¹.

Fase Principal de Crescimento 9: Ocorre a senescência das plantas e maturação das vagens do feijoeiro (Fig. 2N). As vagens perdem a cor e começam a secar, os grãos perdem umidade e adquirem a cor e o brilho característico dos grãos e posteriormente será realizada a colheita.

As fases fenológicas e o somatório de graus-dia requeridos para as plantas de feijoeiros com hábito de crescimento tipo I e tipo II encontram-se na Fig. 3A e 3B, na qual para a fase

vegetativa que corresponde ao V0 - V4 foram requeridos 278,5 e 283 °C dia⁻¹, respectivamente. Para a fase reprodutiva R5 - R9 o somatório de graus-dia correspondeu a 548,3 e 607,8 °C dia⁻¹ respectivamente. Os somatórios térmicos acumulados para todo o desenvolvimento das plantas foram de 826,8 e 890,8 °C dia⁻¹, requerendo 75 e 85 dias, respectivamente.

DISCUSSÃO

A escala de dois dígitos fornece a definição precisa dos estágios de crescimento fenológico para a maioria das culturas (Meier, 2001). Compreender os estágios fenológicos da cultura permite a execução das práticas essenciais como manejo de adubação, irrigação, monitoramento do manejo de pragas e doenças e tempo de colheita de acordo com as necessidades de cada fase fenológica da planta (Hebbarai et al., 2006).

As mudanças climáticas podem alterar a duração do ciclo das culturas e a necessidade de conhecer o somatório de graus-dia aliado as fases fenológicas se torna uma ferramenta importante para determinar os ajustes necessários para o manejo das culturas (Hall et al., 2016 ; Ramírez & Kallarackal, 2018).

A temperatura do ar é o principal elemento meteorológico que afeta o desenvolvimento das culturas agrícolas (Streck, 2002; Gramig & Stoltenberg, 2007; Mendes et al., 2017). A soma térmica é um parâmetro que pode ser usado para a redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma cultura contribui para a previsão da duração do ciclo da planta (Barbano et al., 2001). Conhecer as exigências agroclimáticas das culturas é uma ferramenta que auxilia no planejamento agrícola podendo programar a data de adubação, colheita e posteriormente a comercialização dos grãos de forma prática e sem prejuízos para o agricultor.

O feijoeiro pode ser cultivado sob temperaturas entre 10 °C a 35 °C (Mariot, 1989), mas, com faixa ideal entre 15 °C e 27 °C para o seu crescimento e produção (Bulisani et al., 1987), sendo a temperatura do ar o principal fator meteorológico que interfere na exploração do feijoeiro em várias regiões e localidades (Wutke et al., 2000).

A necessidade hídrica da cultura é outro fator que deve ser levado em consideração durante o seu desenvolvimento, pois seu rendimento pode ser afetado pela deficiência ou excesso de água; durante a floração e início da formação das vagens sua exigência é maior em comparação ao período de enchimento de grãos e, em menor escala, na fase vegetativa (Oliveira et al., 2018). Conhecer as fases fenológicas da cultura e o somatório de graus-dias

durante as mesmas se torna uma ferramenta importante para o fornecimento adequado de água exigida em cada fase fenológica pela cultura, que pode ser determinante para manter a alta produtividade.

Como se observa na Figura 3A e 3B o somatório térmico variam de acordo com cada fase fenológica e hábito de crescimento das plantas. Na fase de pleno desenvolvimento vegetativo (V3 e V4) se observa os maiores acúmulos térmicos, fato que se explica pelo aumento da área vegetativa da planta e conseqüentemente maior exigência hídrica e nutricional; essa fase deve ter uma maior atenção no manejo de adubação e irrigação para manter as plantas em condições adequadas para expressarem seu máximo potencial produtivo.

Para a fase reprodutiva que corresponde do R5-R9 a planta necessitou de maior acúmulo de unidades térmicas, pois nesse período acontece a formação das estruturas reprodutivas da planta. As maiores unidades térmicas são requeridas principalmente no estágio fenológico R9, onde ocorre a maturação das vagens e diminuição da umidade dos grãos para a realização da colheita.

No processo de germinação se incorpora estágios secundários de sementes secas à emergência de cotilédones. Inicia-se com a embebição das sementes, surgimento da radícula, crescimento do eixo hipocótilo radicular e rompimento do solo, ocasião em que os cotilédones atingem a superfície (Oliveira et., 2018). O estágio de germinação começa com as sementes secas (etapa 0) e continua com a completa embebição das sementes no 3º ou 4º dia, com a emergência da radícula da semente.

Alguns fatores externos alteram esse processo, entre eles, a temperatura que influencia a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação, devido a interações com as reações bioquímicas que regulam o metabolismo necessário para iniciar o crescimento do embrião e, em consequência, a porcentagem e a velocidade de germinação (Carvalho & Nakagawa, 2012). A temperatura pode alterar as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo, uma vez que é responsável por ativar sistemas enzimáticos específicos (Marcos Filho, 2005). Durante as observações o fotoperíodo não foi considerado, tendo em vista que plantas de feijoeiro não são influenciadas diretamente com grande relevância por esse fator, pois são plantas fotoneutras que não apresentam influência fotoperiódica (Bergamaschi, 2007).

A emergência das plântulas do feijoeiro ocorre quando 50% dos cotilédones já são visíveis e começam a se separar, terminando quando as folhas primárias se separam e se abrem

e as primeiras folhas simples (primárias) iniciam seu desenvolvimento. A fase V2 (folhas primárias) inicia-se quando ocorre a abertura e o crescimento das folhas primárias, as quais, totalmente expandidas, ficam na posição horizontal e termina quando a primeira folha trifoliolada se abre (Oliveira et al., 2018). No presente trabalho para as plantas atingirem o subestádio V2 a soma térmica necessária foi de 120,2 e 121 °C dia⁻¹ (Figura 3A e 3B). Para o feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* L.), o somatório térmico necessário foi de 101 °C dia⁻¹ (Moura et al., 2012).

No subestádio de desenvolvimento vegetativo (V3) surge à primeira folha composta, que é formada por três trifólios menores que se exibem completamente abertas e planas. Essa etapa termina quando a segunda folha trifoliolada encontra-se em pleno crescimento e a terceira folha se abre.

Esse período é menor nas cultivares de hábito ereto (tipo I) e maior nas de hábito semiprostrado, prostrado ou trepador (tipos II, III e IV), respectivamente. Termina com o surgimento dos botões florais, que costuma variar de acordo com o ciclo da cultivar e o hábito de crescimento (Oliveira et al., 2018).

No estado do Piauí, o somatório térmico para o feijoeiro *Vigna unguiculata* foi de 818,2 °C graus-dia acumulado para completar toda a fase vegetativa da planta (Moura et al., 2012). Segundo os mesmos autores essa espécie necessita de maior acúmulo térmico na fase vegetativa, comparado com a fase reprodutiva devido na fase vegetativa a planta estar em seu crescimento e desenvolvimento foliar abundante. O feijoeiro comum utilizado no presente trabalho necessitou de um menor acúmulo térmico para completar a fase vegetativa que compreende do estágio V0 ao V4 de 278,5 a 283 °C, respectivamente (Fig. 3A e 3B).

A partir do estágio V5 se inicia a pré-floração, na qual ocorre o desenvolvimento dos primeiros ramos secundários e o surgimento dos primeiros botões florais. Esse período é menor nas cultivares de arquitetura ereta (tipos I e II) e termina quando se inicia o florescimento. Essa fase é variável de acordo com o ciclo da cultivar e o hábito de crescimento (Oliveira et al., 2018). O próximo subperíodo, o V6, ocorre quando a planta apresenta 50% de flores abertas. Na maioria das cultivares, a abertura das flores ocorre de baixo para cima, nas plantas de hábito indeterminado, tipos II, III e IV. Nas plantas do tipo I, a abertura ocorre de cima para baixo. Termina quando 100% das plantas possuem a primeira flor aberta (Oliveira et al., 2018).

As flores, já fecundadas, murcham as pétalas e ocorre a formação das primeiras vagens (canivetes). O crescimento é longitudinal. O estágio termina quando as vagens atingem o

comprimento máximo. O subperíodo V8 inicia-se com o enchimento dos grãos e o consequente aumento do volume das vagens. Ao final dessa fase, as sementes perdem a cor verde e começam a mostrar as características da cultivar e as folhas começam a entrar no estágio de senescência e no subperíodo V9, as vagens perdem a cor e começam a secar e as sementes adquirem a cor e o brilho característicos da cultivar (Oliveira et al., 2018).

A escala BBCH fornece uma visão abrangente dos estágios de desenvolvimento da planta, incluindo o crescimento vegetativo, o desenvolvimento reprodutivo e a maturação dos frutos (Kishore & Mahanti, 2016). Para as cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais para exportação não há uma diferença abrangente entre a fenologia das variedades, o que mudará é o ciclo da cultura que dependerá do seu hábito de crescimento. No presente estudo as cultivares necessitaram de um acúmulo térmico de 826,8 e 890,8 °C e 75 e 85 dias para completar todo o seu ciclo (Figura 3A e 3B), tendo em vista que as cultivares utilizadas possuem hábito de crescimento tipo I e II, porte ereto e ciclo variando de 75 - 90 dias, e representam os principais tipos de feijão para exportação.

As cultivares com hábito de crescimento determinado (Tipo I), são plantas arbustivas e porte ereto, haste principal e ramos laterais terminados em inflorescência, porte entre 25-50 cm, ciclo precoce, período de florescimento reduzido e uniformidade de maturação de vagens. Já as cultivares com hábito de crescimento indeterminado (Tipo II), são arbustivos, porte ereto e caule pouco ramificado, haste principal de crescimento vertical, ramos laterais não numerosos e geralmente curtos, hábito de crescimento propicia adequada distribuição de flores e vagens na planta (Fancelli & Dourado Neto, 2007) e por serem plantas eretas, facilitam a colheita mecanizada.

Essa definição com base na simples cronologia pode implicar em aplicações de técnicas culturais fora dos momentos adequados. A escala BBCH e soma térmica auxiliam na estimativa das demandas de operações/insumos com base nas exigências de cada fase fenológica da planta, tendo em vista que não existia um estudo que descrevesse suas fases fenológicas utilizando essa escala e tão pouco a quantidade de unidades térmicas requerida, para a cultura do feijoeiro comum em cultivares com grãos graúdos, com características para exportação definida.

A utilização da escala BBCH irá ajudar o agricultor a manejar a cultura de forma prática e segura através da observação das fases fenológicas da planta e do acúmulo de unidades térmicas. Por exemplo, na fase vegetativa no subestágio V2-V4 é onde ocorre o máximo

crescimento das estruturas foliares; é nesse período que se deve tomar bastante cautela com relação ao fornecimento de água e adubação. A falta de água nesses estádios tem efeito indireto na produtividade de grãos, dada à redução no tamanho e no número de folhas, que são responsáveis pela produção de fotoassimilados que interfere diretamente no crescimento da planta e das raízes. A partir do V3 a planta passa a depender diretamente dos nutrientes do solo, no estágio V4 o crescimento das plantas e a absorção de nutrientes são acelerados e todos os nutrientes devem estar prontamente disponíveis para serem absorvidos, principalmente nitrogênio (N), que é essencial para o acúmulo de matéria seca e o aumento da área foliar. Assim, é importante oferecer condições para o bom desenvolvimento das raízes (Oliveira et al., 2018).

Para o estágio reprodutivo R5-R6 a falta de água provoca o abortamento e a queda de flores, reduzindo o número de vagens por planta, comprometendo a produtividade de grãos. É nessa fase que ocorre o rápido acúmulo de nutrientes pela planta, as quais devem estar equilibradas para assegurar o pegamento de flores, e o boro (B) é um micronutriente importante para esse processo. Além disso, o boro é importante na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Kappes et al., 2008).

No estágio R7-R8 a deficiência hídrica induzirá à queda das vagens recém-formadas (canivetes) e também prejudicará a formação das sementes, resultando na redução da massa e conseqüentemente na produtividade de grãos. Ocorre o máximo acúmulo de nutrientes. Nessa fase, a atividade das raízes é reduzida porque a translocação dos carboidratos se dá preferencialmente para a formação das vagens (Oliveira et al., 2018).

CONCLUSÕES

Os conhecimentos dos estádios vegetativos e reprodutivos e o somatório térmico do feijoeiro comum com diferentes hábitos de crescimento permitem programar os manejos da cultura de acordo com os estádios de maior exigência nutricional e hídrica nas diferentes condições ambientais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram não ter nenhum potencial conflito de interesse quanto à submissão e publicação deste manuscrito.

ORCID

Adailza G. Cavalcante <https://orcid.org/0000-0003-3680-3289>

REFERÊNCIAS

- Acosta-Quezada, P. G., Riofrío-Cuenca, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, 199, 216–223.
- Aguiar, C. (2014). *Arquitetura de Plantas*. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária 46 p.
- Arnold, C. Y. (1960). Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 76, 682–692.
- Barbano, M. T., Brunini, O., Duarte, A. P., Reco, P. C., Paterniani, M. E.A. G. Z., & Kanthack, R. A. D. (2001). Temperatura base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9, 261–268.
- Barros, R. P. (2007). Feijões especial para a agricultura familiar. Disponível em: <http://www.zoonews.com.br/noticiax.php?idnoticia=221%3E>. Acesso em: May 17, 2019.
- Bastos, E. A., Rodrigues, B. H. N., Andrade Júnior, A. S., & Cardoso, M. J. (2002). Parâmetros de crescimento do feijoeiro caupi sob diferentes regimes hídricos. *Engenharia Agrícola*, 22, 43–50.
- Bergamaschi, H. (2007). O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In C. M. Rego, R. R. B. Negrelle, & L. P. C. Morelato (Eds.), *Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos* (pp. 291–310). Colombo: Embrapa Florestas. ISBN 978-85-89281-12-6. Capítulo 16.
- Bulisani, E. A., Almeida, L. D'A., & Roston, A. J. (1987). A cultura do feijoeiro no Estado de São Paulo. In E. A. Bulisani (Ed.), coord. *Feijão: fatores de produção e qualidade* (pp. 29–88). Campinas: Fundação Cargill.
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência tecnologia e produção*. Campinas: Fundação Cargill 590 p.

- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Disponível em em: <http://www.fao.org/>. Acesso em: October 2018.
- Fancelli, A. L., & Dourado Neto, D. (2007). *Feijão: estratégias de manejo para alta produtividade*. ESALQ/USP/LPV, p. 224.
- Gonçalves, J. G. R., Chiorato, A. F., Morais, L. K., Perina, E. F., Farias, F. L., & Carbonell, S. A. M. (2010). Estudo da estabilidade fenotípica de feijoeiro com grãos especial. *Ciência Agrotécnica*, 34, 922–931.
- Gramig, G. G., & Stoltenberg, D. E. (2007). Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broad leaf weed species. *Weed Technology*, 21, 249–254.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., & Witzemberger, A. (1992). Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen- Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44, 265–270.
- Hall, A., Mathews, A. J., & Holzapfel, B. P. (2016). Potential effect of atmospheric warming on grapevine phenology and post-harvest heat accumulation across a range of climates. *International Journal of Biometeorology*, 60, 1405–1422.
- Kappes, C., Golo, A. L. & Carvalho, M. A. C. (2008). Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. *Scientia Agraria*, 9, 291-297.
- Hebbarai, M., Ganiger, V. M., Reddy, B. G. M., & Joshi, V. R. (2006). Integrated nutrient management in sapota (*Manilkara zapota*) using vermicompost to increase yield and quality. *Indian Journal of Agricultural Science*, 76, 587–590.
- Hermes, C. C., Medeiros, S. L. P., Manfron, P. A., Caron, B., Pommer, S. F., & Bianchi, C. (2001). Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9, 269-275.
- Herraiza, F. J., Vilanova, S., Plazasa, M., Gramazio, P., Andújara, I., Rodríguez-Burruezoa, A., Fitaa, A., Andersonb, G. J., Prohens, J. (2015). Phenological growth stages of pepino (*Solanum muricatum*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 183, 1-7.
- Hodges T.F. (1991) *Predicting crop phenology*. Boca Raton: Florida, p. 233.
- Khanala, R., Burt, A. J., Woodrow, L., Balasubramanian, P., & Navabi, A. (2014). Genotypic Association of Parameters Commonly Used to predict canning quality of dry bean. *Crop Science Society of America*, 54, 2564–2573.

- Kishore, K., & Mahanti, K. K. (2016). Codification and description of phenological growth stages of sapota (*Manilkara zapota*) according to the extended BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 211, 431-439.
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Van Den Boom, T., Langeluddeke, P., Stauss, R., Weber, E., & Witzemberger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119, 561-601.
- Liu, K., Li, H., Yuan, C., Huang, Y., Chen, Y., & Liu, J. (2015). Identification of phenological growth stages of sugar apple (*Annona squamosa* L.) using the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 181, 76-80.
- Manfron, P. A., Lazzaroto, C., & Medeiros, S. L. P. (1993). Trigo: aspectos agrometeorológicos. *Revista do Centro Ciência Rurais*, 23, 237-239.
- Marcos Filho, J. (2005). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ 495 p.
- Mariot, E. J. (1989). Growth analysis of cv Porrillo Sintetico (*Phaseolus vulgaris* L.). A report of results from studies conducted while a trainee in bean physiology. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 22 p.
- Martinelli, T., Andrzejewska, J., Salis, M., & Sulas, L. (2014). Phenological growth stages of *Silybum marianum* according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166, 53-66.
- Márquez-Santos, M., Hernández-Lauzardo, A. N., Castrejón-Gómez, V. R. (2020). States of phenological development of avocado (*Persea americana* Mill.) based on the BBCH scale extended and its relationship to the incidence of anthracnose in field conditions. *Scientia Horticulturae*, 271, 109379.
- Meier, U. (2001). *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants-BBCH monograph*. Bonn: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
- Mendes, D. S., Pereira, M. C. T., Nietsche, S., Silva, J. F., Rocha, J. S., Mendes, A. H., & Santos, R. C. D. (2017). Phenological characterization and temperature requirements of *Annona squamosa* L. in the Brazilian semiarid region. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 89(Suppl.3), 2293-2304.
- Moura, J. Z., Pádua, L. E. M., Torres, J. S., & Silva, P. R. R. (2012). Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. *Revista Caatinga*, 25, 66-71.

- Oliveira, M. G. C., Oliveira, L. F. C., Wendland, A., Guimarães, C. M., Quintela, E. D., Barbosa, G. R., Silveira, P. M. (2018). *Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fototécnicos*. Brasília, DF: EMBRAPA 59 p.
- Ramírez, F., & Kallarackal, J. (2018). Phenological growth stages of Feijoa [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] according to the BBCH scale under tropical Andean conditions. *Scientia Horticulturae*, 232, 184-190.
- Ribeiro, N. D., Domingues, L. S., Gruhn, E. M., Zemolin, A. E. M., & Rodrigues, J. A. (2014). Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especial. *Revista Ciencia Agronômica*, 45, 92-100.
- Streck, N. A., Bosco, L. C., Michelon, S., Walter, L. C., & Marcolin, E. (2006). Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. *Ciência Rural*, 36, 1086-1093.
- Streck, N. A. (2002). A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in musk melon (*Cucumis melo* L.). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 10, 105-111.
- Thung, M., Soares, D. M., & Aidar, H. (2009). Agregação de valores com feijões especial. In J. Kluthcouski, L. F. Stone, & H. Aidar (Eds.), In: *Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 83-96p.
- Weber, E., & Bleiholder, H. (1990). Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas - with illustrations. *Gesunde Pflanzen*, 9,308-321.
- Wutke, E. B., Brunini, O., Barbano, M. T., Castro, J. L., Gallo, P. B., Kanthack, R. A. D., Silveira, L. C. P. (2000). Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 8, 55-61.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.

CAPÍTULO 3 – Atributos agronômicos e qualitativos de grãos

3.1 Performance agronômica e qualitativa de cultivares de feijoeiro de grãos especiais²

RESUMO

No Brasil o consumo de feijão ocorre predominantemente com grãos tipo carioca, porém os grãos tipo especial vem ganhando espaço na mesa dos brasileiros e podem ser fonte de renda para os produtores. Objetivou-se avaliar o desempenho agronômico e qualitativo de cultivares de feijoeiro com grãos especiais, visando identificar aqueles com potencial produtivo e características tecnológicas superiores. O experimento foi conduzido em Jaboticabal- SP, no período de inverno de 2018. Os tratamentos foram constituídos por nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais: BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata. Foram avaliados os atributos agronômicos (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos) e qualitativos (rendimento de peneira, proteína bruta, tempo de cocção, embebição antes e após o cozimento, grãos inteiros após cozimento, tempo de máxima hidratação e relação de hidratação). Houve diferenças estatísticas entre as cultivares quanto aos atributos agronômicos e qualitativos. As cultivares EPAMIG Ouro Vermelho, BRS Marfim e BRS Pitanga apresentaram as maiores produtividades. Na qualidade dos grãos, destacaram-se as cultivares BRS Radiante, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, IAC Tigre e EPAMIG Ouro Vermelho.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; componentes de produção; produtividade de grãos; características tecnológicas de grãos; nicho de mercado.

² Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido à Revista Ceres

INTRODUÇÃO

O grão de feijão é rico em carboidratos, minerais, ácidos graxos insaturados, fibra alimentar e vitaminas do complexo B (Silva *et al.*, 2013). A produção mundial de feijão é de aproximadamente 31 milhões de toneladas, com consumo per capita de 2,58 kg ano⁻¹, fornecendo 1,55 g de proteína per capita dia⁻¹ (Fao, 2020). No Brasil, o feijão é um produto tradicional e importante na alimentação diária da população onde o consumo está em torno de 17,4 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (Agrianual, 2018), fornecendo 10,48 g de proteína per capita dia⁻¹ (Fao, 2020), sendo ainda o maior produtor do mundo com 3,0 milhões de toneladas de grãos cultivados em uma área de 2,9 milhões de hectares na safra de 2018/2019 (Conab, 2019).

Destaca-se que o feijão no Brasil, é uma fonte de proteína relativamente barata e com alto valor biológico quando associada com cereais ricos em aminoácidos sulfurados (Bressani, 1993). Além disso, possui grande importância na segurança alimentar, sendo capaz de reduzir a subnutrição nos países em desenvolvimento (Reichert *et al.*, 2015).

Apesar da grande disponibilidade de cultivares de feijão de vários grupos comerciais, o principal grupo de feijão cultivado no Brasil é o do tipo carioca (tegumento creme com estrias ou rajas marrom) e por conta disso, recebe maior atenção de pesquisas e programas de melhoramento. Porém, além desse tipo de feijão, há diversidade de feijões especiais, que são todos aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser destinados ou não a exportação, principalmente para a Europa e Ásia (Ferrari & Ramos Junior, 2015). Este grupo é definido por possuir grãos de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajas de outras cores (Blair *et al.*, 2010).

Portanto, uma alternativa para a diversificação do cultivo e aumento de renda pelos produtores seria a adoção do cultivo de feijões de grãos especiais, disponibilizando no mercado, um produto diferenciado e com maior valor agregado, ou seja, um produto

“gourmet”. Porém, observa-se neste grupo comercial uma carência em pesquisas e informações técnicas sobre a performance dessas cultivares principalmente em relação a adaptação aos locais de cultivo e o potencial produtivo.

Sabe-se da importância de pesquisas quanto a adaptação e estabilidade de produção de cultivares de feijão em diversas regiões e ambientes (Pereira *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2017). Para cultivares de grupos comerciais pouco difundidos, como o grupo especial, esses estudos são ainda mais importantes, visto a escassez de informações para essas cultivares. Uma vez lançadas, cultivares com ampla adaptação e estabilidade de produção levam a elevados benefícios econômicos e geração de renda chegando a movimentar valores próximos de US\$106 milhões (Silva & Wander, 2015).

Além da produtividade e adaptação ao local de cultivo, atributos ou características tecnológicas/qualitativas dos grãos são desejáveis em cultivares de feijão para satisfazer as exigências dos consumidores (Carbonell *et al.*, 2010). O grupo comercial a que pertence uma cultivar de feijoeiro reúne atributos relacionados com a qualidade dos grãos, englobando as características tecnológicas representadas por três propriedades: comercial, culinária e nutricional (Lemos *et al.*, 2015). Por qualidade comercial entende-se o tipo de grão formado pelas características cor, brilho, forma e tamanho. A qualidade culinária é formada pelas características capacidade de hidratação, tempo de cozimento, cor do caldo, sabor e textura. A qualidade nutricional é composta pelo teor de proteína bruta, aminoácidos, carboidratos, minerais, dentre outros.

Tendo em vista o exposto, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo e qualitativo de cultivares de feijoeiro com grãos do tipo especial, visando identificar aqueles com potencial produtivo e características tecnológicas superiores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Jaboticabal, São Paulo. O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido, com verões quentes e úmidos, e invernos frios e secos, sendo a altitude média de 575 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013). Os dados climáticos durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

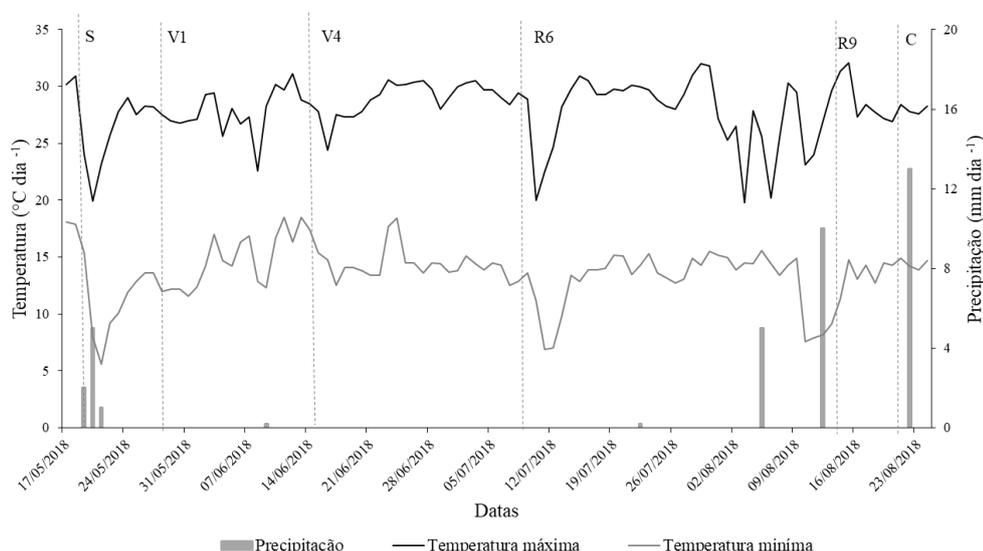


Figura 1- Condições climáticas registradas durante a condução do experimento de cultivares de feijoeiro especial, na safra de inverno para a região de Jaboticabal, SP no ano de 2018. S = semeadura; V1 = emergência; V4 = terceiro trifólio completamente expandido; R6 = florescimento pleno; R9 = maturidade fisiológica; C = colheita. Fonte: Estação agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas UNESP, Jaboticabal, SP.

A área experimental se encontrava no primeiro ano de adoção do sistema de plantio direto (SPD) com palhada de milho. O SPD foi implantado por meio de escarificação do solo em 06/12/2017, seguida pela aplicação de calcário (dose de 1t ha⁻¹) com base em análise de solo prévia, com posterior incorporação por aração com arado de discos e duas passagens de grade niveladora. A cultura antecessora ao feijoeiro foi o milho (*Pennisentum americanum*

L.), cultivar ADR – 300, semeada em 13 de dezembro de 2017, utilizando-se 14 kg ha⁻¹ de sementes com espaçamento de 0,45 m entre linhas. A cultura do milho foi dessecada aos 60 dias após a emergência, quando se encontrava com as panículas, utilizando-se o Glifosato na dose de 2 L ha⁻¹ do produto comercial. Após dez dias da aplicação do herbicida foi realizada a trituração do milho utilizando-se triturador de plantas mecanizado.

O solo foi coletado após a dessecação do milho e antes da implantação do feijoeiro na camada 0,00-0,20 m e, em seguida, analisado em laboratório para fins de fertilidade. Os resultados obtidos foram: pH (CaCl₂) = 6,1; MO = 22 g dm⁻³; P (resina) = 87 mg dm⁻³; K = 9,0 mmol_c dm⁻³; Ca = 48 mmol_c dm⁻³; Mg = 20 mmol_c dm⁻³; S = 10 mg dm⁻³; B = 0,25 mg dm⁻³; Cu = 1,0 mg dm⁻³; Fe = 20 mg dm⁻³; Mn = 23 mg dm⁻³; Zn = 4,0 mg dm⁻³; H+Al = 25 mmol_c dm⁻³; CTC = 102 mmol_c dm⁻³; V = 75%; argila = 540 g kg⁻¹; silte = 230 g kg⁻¹ e areia = 230 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares de feijoeiro com grãos tipo especial: BRS Radiante, BRS Pitanga, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata (Tabela 1). Cada parcela experimental consistiu-se em cinco linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,45 metros, sendo considerada área útil às três linhas centrais, desprezando 0,5 metros de cada extremidade.

Tabela 1 - Informações referentes às cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial. Jaboticabal, SP - 2018.

Cultivares	Instituição pertencente ⁽¹⁾	Hábito de crescimento	Ciclo (dias)	Descrição do tegumento
BRS Radiante	EMBRAPA	Tipo II	80	Rajado - tegumento creme com estrias ou rajas vermelhas
BRSMG Realce	EMBRAPA	Tipo I	67-75	Rajado - tegumento creme com estrias ou rajas vermelhas
BRS Pitanga	EMBRAPA	Tipo II	80-85	Roxo
BRSMG Tesouro	EMBRAPA	Tipo II	80-90	Roxo
BRS Marfim	EMBRAPA	Tipo II	85-90	Mulatinho - tegumento marrom claro
BRSMG União	EMBRAPA	Tipo III	77	Jalo - tegumento amarelo
IAC Tigre	IAC	Tipo II	85	Rajado - tegumento creme com pintas marrom claro
EPAMIG Ouro Vermelho	EPAMIG	Tipo II	80-90	Vermelho
EPAMIG Ouro da Mata	EPAMIG	Tipo II	85-90	Vermelho

⁽¹⁾ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Agrônômico de Campinas (IAC); Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

A semeadura foi realizada de forma manual em 18 de maio de 2018, distribuindo-se 12 sementes por metro de sulco, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, padronizando-se uma população final de 245.000 plantas ha⁻¹ para todas as parcelas. O cultivo foi classificado como feijoeiro de inverno devido à época de semeadura e uso de irrigação. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão convencional, e o turno de rega a cada 4 dias, aplicando-se uma lâmina de 10 a 20 mm de acordo com a necessidade da cultura. A lâmina total aplicada foi de 550 mm (Pavani *et al.*, 2008).

As adubações de semeadura e cobertura foram realizadas levando em consideração as recomendações técnicas de Ambrosano *et al.* (1997). A adubação de semeadura realizada de forma mecanizada utilizou-se a dose de 350 kg ha⁻¹ do formulado 04-28-10 (0,3% B, 4% Ca, 0,01% Mo, 5% S e 1,2% Zn), correspondente às doses de 14, 98 e 35 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O. As adubações de cobertura foram efetuadas de forma manual em duas etapas: a primeira no estágio fenológico V4-4 (quarta folha trifoliada formada e expandida) que constou da aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O via fertilizante formulado 30-00-10 e a segunda no estágio V4-6 (sexta folha trifoliada formada e expandida) com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, via ureia. Os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura, seguida de irrigação com lâmina de água de 15 mm para incorporação do fertilizante.

Para o controle de plantas daninhas foram realizadas aplicações dos herbicidas S-metolacoloro (100 g ha⁻¹ do i.a.) em pré-emergência e em pós-emergência; utilizou-se Cletodim (108 g ha⁻¹ do i.a.) no estágio V3 (emissão da primeira folha trifoliolada) e em V4 (emissão da terceira folha trifoliolada) de Bentazona + Imaxomoxi (600 + 28 g ha⁻¹ do i.a.), e capinas manuais nas linhas e entre linhas, durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura. O controle fitossanitário foi efetuado mediante o monitoramento das pragas e doenças, utilizando-se pulverizador tratorizado e aplicação de Acetamiprido + Piriproxifem (300 + 100 g ha⁻¹ do i.a.) em 5 de julho; Acetamiprido (300 g ha⁻¹ do i.a.) em 6 de julho; Tiametoxam + Lambda-cialotrina (100 mL ha⁻¹) em 10 de julho; Piraclostrobina + Tiametoxam + lambda – cialotrina (40 g + 100 mL ha⁻¹ do i.a.) em 26 de julho.

Os atributos agronômicos foram determinados a partir da maturidade fisiológica das vagens (R9). Antes da colheita avaliou-se altura de inserção da primeira vagem (AIPV), medida do nível do solo até a inserção da primeira vagem. Após a colheita avaliou-se número

de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos por meio da coleta de 10 plantas consecutivas na linha de cultivo na área útil de cada parcela experimental. A produtividade de grãos foi realizada por meio do arranquio das plantas das três linhas centrais da parcela, com secagem a pleno sol e posterior trilha mecanizada. Foi padronizado o teor de umidade dos grãos para 13% de base úmida.

A determinação dos atributos qualitativos iniciou-se pelo rendimento de peneira (RP), onde amostras de grãos de cada parcela experimental foram submetidas ao conjunto de peneiras de crivos oblongos de número 11 (11/64" pol.), 12 (12/64" pol.), 13 (13/64" pol.) e 14 (14/64" pol.) em agitação por um minuto. Os valores apresentados foram utilizados para calcular o percentual de grãos, por meio da relação entre a massa dos grãos retidos em cada peneira e a massa da amostra total de cada repetição. Foi realizado também o rendimento de peneira maior ou igual a 12 ($RP \geq 12$), sendo a somatória das peneiras com crivos oblongos 12, 13 e 14. As amostras retidas na peneira 12 foram acondicionadas em sacos de papel e utilizadas para as demais avaliações qualitativas após 40 dias de armazenamento.

O teor de proteína bruta (%) foi obtido pelo teor de nitrogênio (N) contido nos grãos, o qual foi determinado por meio de digestão sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução de ácido clorídrico. Posteriormente foi realizado o cálculo: $PB = (N \text{ total} \times 6,25)$ onde, $PB =$ teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) e $N \text{ total} =$ teor de N nos grãos.

O tempo de cocção foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson que consta basicamente de 25 estiletos verticais com peso de cada unidade de 90 gramas e ponta de 1 mm de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão se encontra cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja, 13 estiletos foram deslocados. Para essa determinação, os grãos ficaram em hidratação em água deionizada por 16 horas. Durante a

condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96 °C.

A porcentagem de embebição antes (EANC) e após o cozimento (EAPC) foram obtidas por meio dos métodos descritos por Garcia-Vela e Stanley (1989) e Plhak *et al.* (1989). Para isso, foram amostrados aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros obtendo-se a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram embebidos em 100 mL de água deionizada em béquer de 250 mL por 16 horas, à temperatura ambiente. Após esse período, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel toalha e em seguida pesados, obtendo-se a massa de grãos úmidos (MU) e a porcentagem de embebição antes do cozimento, determinada pela fórmula: $EANC = [(MU - MS)/MS] \times 100$.

Para EAPC, após as 16 horas de embebição, os 30 g de grãos foram colocados em um becker contendo 100 mL de água deionizada e colocados em uma chapa aquecedora elétrica por uma hora após o início da fervura, com reposição da água evaporada, quando necessário. Os grãos (inteiros e fragmentados) foram drenados e pesados, obtendo-se a massa úmida após cozimento (MUc) e determinada pela fórmula: $EAPC = [(MUc - MS)/MS] \times 100$.

Da amostra proveniente da EAPC foi obtida a porcentagem de grãos inteiros após cozimento (PGI). Os grãos após o cozimento foram contabilizados em sua totalidade (TG) e separados em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). A partir dessa contagem, calculou-se então a PGI, pela fórmula: $PGI = [(TG - GP)/TG] \times 100$.

A capacidade de hidratação dos grãos foi determinada utilizando-se uma proveta graduada de 500 mL com precisão de 5 mL e copos de 250 mL. Cada copo recebeu uma amostra de 50 g de grãos previamente selecionados e depois 200 mL de água destilada. De duas em duas horas, durante um período de 16 horas, o volume de água não absorvido pelos grãos foi avaliado, vertendo-o do copo para a proveta graduada. No final das 16 horas de avaliação, o

excesso de água foi drenado e os grãos foram pesados. A relação de hidratação (RH) foi determinada pela razão entre massa final e massa inicial de grãos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F), a 5% de probabilidade, e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi realizado também o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e o volume de água absorvido pelos grãos (mL), visando determinar o tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijoeiro. As análises de variância foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014). A análise de correlação simples foi realizada no software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão dos resultados por meio da verificação do coeficiente de variação (CV) foi de 20,4%, 9,9%, 5,3% e 19,1%, para o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, respectivamente (Tabela 2). Esses valores demonstraram a adequada condução do experimento, sendo que os CV encontrados estão abaixo dos limites considerados aceitáveis para o feijoeiro, onde para número de vagens por planta é de 26,30%, número de grãos por vagem é de 18,35%, massa de 100 grãos é de 11,30% e produtividade de grãos é de 24,86% (Oliveira *et al.*, 2009).

A altura de inserção da primeira vagem (AIPV) não se obteve diferença estatística entre as cultivares, com valor médio de 16,2 cm (Tabela 2). Este valor favorece a colheita mecanizada, pois, quanto mais alto estiverem inseridas as primeiras vagens, menores serão as perdas causadas, além de estarem menos susceptíveis a ocorrências de doenças fúngicas, por reduzir o contato delas com a umidade do solo (Gonçalves *et al.*, 2016).

Tabela 2 – Altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagem por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD), de cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial. Jaboticabal, SP - 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	AIPV	NV	GV	M100	PROD
	cm	-----nº-----		g	kg ha ⁻¹
BRS Radiante	16,0	10,7	4,5 c	35,7 b	2.019 b
BRSMG Realce	17,7	9,5	4,7 c	31,7 c	1.798 b
BRS Pitanga	14,7	14,7	5,7 b	20,2 g	2.608 a
BRSMG Tesouro	17,7	14,2	6,5 a	23,0 f	2.447 b
BRS Marfim	16,2	12,7	5,7 b	29,2 d	2.871 a
BRSMG União	16,2	12,0	5,7 b	37,7 a	2.140 b
IAC Tigre	13,5	12,5	4,7 c	38,5 a	2.309 b
EPAMIG Ouro Vermelho	18,0	11,2	6,7 a	26,0 e	2.907 a
EPAMIG Ouro da Mata	16,0	12,7	5,5 b	26,7 e	2.112 b
Média	16,2	12,2	5,5	29,8	2.357
Teste F	2,90 ^{ns}	1,72 ^{ns}	7,9*	66,5*	2,13*
CV (%)	10,6	20,4	9,9	5,3	19,1

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott (valor de $p < 0,05$). CV (%) = coeficiente de variação; ^{ns} = não significativo; * = significativo ($p < 0,05$).

Para o componente de produção número de vagens por planta não houve diferença estatística entre as cultivares de feijoeiro, variando de 9,5 a 14,7 obtidos pelas cultivares BRSMG Realce e BRS Pitanga, respectivamente (Tabela 2). Ao avaliar essa variável em feijoeiro com grãos especiais no município de Jaboticabal, SP, Alves *et al.* (2020) não obtiveram diferença estatística entre as cultivares testadas. O número de grãos por vagens,

massa de 100 grãos, e a produtividade de grãos apresentaram diferenças significativas entre as cultivares de feijoeiro. Para o número de grãos por vagem, as cultivares EPAMIG Ouro Vermelho e BRSMG Tesouro obtiveram os maiores valores comparativamente às demais.

Para a massa de 100 grãos, os maiores valores foram para as cultivares IAC Tigre (38,5 g) e BRSMG União (37,7 g) diferindo significativamente das demais (Tabela 2). Deve-se ressaltar que o tamanho dos grãos, expresso pela massa de 100 grãos, varia em função do cultivar, sendo um atributo muito influenciado pelo ambiente e de grande importância para o mercado consumidor (Carbonell *et al.*, 2010; Perina *et al.*, 2010). Destaca-se que para as cultivares de grãos especiais, não foi encontrado na literatura alguma referência ou citação que apontasse o valor ideal para essa variável resposta.

A massa de 100 grãos, para o tipo carioca, preferida pelo consumidor deve ser acima de 25 g (Pereira *et al.*, 2012). Assim, utilizando-se essa referência como base de discussão, pode-se inferir que todas as cultivares estudadas apresentaram desempenho satisfatório quanto a esse atributo, com exceção para a BRSMG Tesouro e BRS Pitanga, com 20,2 e 23,0 g, respectivamente. Porém, esses valores estão de acordo com o recomendado pelo boletim técnico da Embrapa para as duas cultivares que são de 21,9 e 20,2 g, respectivamente.

As cultivares de feijoeiro diferiram entre si para a produtividade de grãos, que variou de 1.798 a 2.907 kg ha⁻¹, sendo obtidas pela BRSMG Realce e EPAMIG Ouro Vermelho, respectivamente, ou seja, variação de 1.109 kg de grãos o que equivale a mais de 18 sacas ha⁻¹ (Tabela 2). Destacaram-se com as maiores produtividade de grãos as cultivares BRS Ouro Vermelho, BRS Marfim e BRS Pitanga com 2.907, 2.871 e 2.608 kg ha⁻¹, apresentando a coloração do tegumento vermelho, mulatinho/marrom claro e roxo, respectivamente (Tabela 1 e 2). Esses valores estão próximos da média do Estado de São Paulo que foi de 2.741 kg ha⁻¹ para o feijão do tipo carioca na safra de inverno com uso de irrigação (Iea, 2018), o que

evidencia o potencial produtivo das cultivares supracitadas.

A produtividade de grãos do feijoeiro é resultado da combinação de seus componentes, como número de vagens por planta ou por unidade de área, número de grãos por vagem e a massa dos grãos, sendo influenciados por fatores genéticos e ambientais (Fageria *et al.*, 2015). Dependendo das condições, alguns componentes de produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos (Costa *et al.*, 1983). Como se observa na Figura 1, durante a condução do experimento, as condições climáticas se mantiveram na faixa considerada ideal para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura do feijoeiro (Portugal *et al.*, 2015), fato que se comprova pelas produtividades de grãos satisfatórias obtidas pelas cultivares. A temperatura do ar não deve ultrapassar 29 °C dia⁻¹ para atingir rendimentos potenciais elevados. Temperaturas próximas de 35 °C poderão provocar perdas de produtividade devido ao abortamento de flores e de vagens, redução do número de grãos por vagem vingada, grãos com menor massa seca e distribuição desuniforme das vagens na planta. Além disso, ocorre redução do ciclo da planta, com menos tempo para o enchimento dos grãos (Silva *et al.*, 2014).

A cultivar EPAMIG Ouro Vermelho obteve a maior produtividade de grãos em razão do elevado número de grãos por vagem. A cultivar BRS Pitanga sobressaiu quanto a produtividade de grãos devido ao maior número de vagens por planta. A cultivar BRS Marfim também se destacou com relação à produtividade de grãos em razão de obter valores para os componentes de produção próximos da média experimental. Avaliando diferentes cultivares de feijoeiros com grãos especiais, Alves *et al.* (2020) obtiveram uma produtividade média de 2.045 kg ha⁻¹, o que mostra que esse grupo comercial tem grande potencial produtivo, podendo tornar-se um produto com vários nichos de mercado.

Com relação aos atributos qualitativos, no estudo referente ao tamanho dos grãos das

cultivares, houve diferença significativa em todas as peneiras de classificação (Tabela 3). Para Carbonell *et al.* (2010) uma cultivar de feijoeiro deve apresentar $RP \geq 12$ acima de 70%, o que representa grãos graúdos e com maior retorno financeiro ao produtor e boa aceitação dos grãos pelo consumidor. Assim, dentro desse contexto destacaram-se as cultivares BRS Radiante, EPAMIG Ouro da Mata, IAC Tigre, BRSMG Realce, BRSMG União e BRSMG Tesouro. Essas cultivares também sobressaíram na porcentagem de grãos retidos na peneira de crivo 13 (RP13), diferindo estatisticamente das demais. Deve-se também destacar que a cultivar BRS Radiante obteve o maior valor de $RP \geq 12$ (89,5%), tendo 45,7% e 35,3%, ou seja, 81,0% de grãos retidos nas peneiras de crivos 14 (RP14) e 13 (RP13), respectivamente.

Tabela 3 - Percentual de grãos retidos nas peneiras (RP) de crivo 11, 12, 13, 14 e maior e igual a 12, de cultivares de feijoeiro comum com grãos especial. Jaboticabal, SP - 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	RP11	RP12	RP13	RP14	RP \geq 12
	-----%-----				
BRS Radiante	1,5 c	8,6 c	35,3 a	45,7 a	89,5 a
BRSMG Realce	9,5 b	27,2 b	34,5 a	19,6 c	81,2 a
BRS Pitanga	21,0 a	50,9 a	18,3 b	0,0 f	69,2 b
BRSMG Tesouro	16,8 a	32,9 a	33,1 a	7,5 e	73,7 b
BRS Marfim	27,6 a	45,0 a	5,9 b	0,54 f	67,0 b
BRSMG União	4,1 c	19,9 b	33,1 a	26,7 b	79,7 a
IAC Tigre	9,1 b	27,8 b	38,6 a	15,6 d	82,5 a
EPAMIG Ouro vermelho	22,2 a	38,6 a	22,9 b	2,0 f	66,0 b
EPAMIG Ouro da Mata	11,9 b	40,7 a	45,4 a	2,0 f	84,2 a
Média	13,6	32,2	29,7	13,3	77,0
Teste F	11,0*	6,77*	4,0*	62,0*	4,4*
CV (%)	38,0	31,1	39,7	29,3	10,2

(1) Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott (valor de $p < 0,05$). CV (%) = coeficiente de variação; * = significativo

($p < 0,05$).

As cultivares de feijoeiro apresentaram diferenças quanto ao teor de proteína bruta nos grãos (Tabela 4). As cultivares EPAMIG Ouro Vermelho, BRS Radiante e BRSMG Tesouro destacaram-se quanto a essa variável, obtendo valores de 22,7%, 22,0% e 21,8%, respectivamente, deferindo estatisticamente das demais. Esse atributo qualitativo pode variar em função do local de cultivo, do efeito da interação genótipos por ambiente e da variabilidade genética entre as cultivares (Buratto *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2014). O teor médio de proteína foi de 21,1%, corroborando com os resultados obtidos por Ramos Junior *et al.* (2005); Farinelli & Lemos (2010); Perina *et al.* (2010); Mingotte *et al.* (2013); Alves *et al.* (2020) ficando entre 19,3 e 21,6%.

Tabela 4 - Teor de proteína bruta (PB), tempo de cocção (TC), embebição antes do cozimento (EANC), embebição após o cozimento (EAPC) e grãos inteiros após o cozimento (GI), de cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais. Jaboticabal, SP - 2018
(1).

Cultivares	PB %	TC min:seg	EANC -----%	EAPC -----%	GI
BRS Radiante	22,0 a	26:03 b	103,48 b	143,68 c	88,65 a
BRS Realce	21,1 b	25:03 b	105,36 a	143,48 c	88,36 a
BRS Pitanga	20,2 c	23:37 c	98,21 d	152,23 b	90,23 a
BRS Tesouro	21,8 a	20:03 d	98,39 d	158,62 a	80,38 b
BRS Marfim	21,2 b	23:33 c	94,39 e	142,93 c	74,31 b
BRSMG União	20,6 c	28:05 a	103,84 b	149,54 b	69,49 c
IAC Tigre	20,8 b	19:04 d	100,66 c	141,63 c	88,88 a
EPAMIG Ouro Vermelho	22,7 a	20:12 d	104,37 b	146,61 c	68,93 c

EPAMIG Ouro da Mata	20,2 c	19:37 d	101,07 c	140,31 c	78,02 b
Média	21,1	22:48	101,17	146,56	80,80
Teste F	8,17*	13,82*	78,17**	5,73**	21,88**
CV (%)	3,2	7,44	0,69	2,92	3,94

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott (valor de $p < 0,05$). CV (%) = coeficiente de variação; ^{ns} = não significativo; * = significativo ($p < 0,05$); **=significativo ($p < 0,01$).

Com relação ao tempo de cocção, as cultivares obtiveram média de 22 min e 48 s, variando de 19 min e 04 s a 28 min e 05 s (Tabela 4). Essa diferença de 09 min pode ser considerada expressiva ou alta, dentro do contexto de consumo energético em termos de gás e de tempo para o preparo do alimento. As cultivares IAC Tigre, EPAMIG Ouro da Mata, BRS Tesouro e EPAMIG Ouro Vermelho apresentaram os menores valores para cocção, entre 19 min 04 s e 20 min e 12 s, diferindo estatisticamente das demais. De acordo com Proctor & Watts (1987), o tempo de cozimento entre 16 a 20 minutos é classificado como sendo de resistência média à cocção. Para esses mesmos autores, as demais cultivares de feijoeiro enquadraram-se como resistência normal a cocção, ou seja, obtiveram valores na faixa de 21 a 28 minutos. No entanto, deve-se destacar que todas as cultivares ficaram dentro da faixa de tempo de cozimento preconizada como aceitável por Ramalho & Abreu (2006) que é inferior a 30 minutos.

Houve diferenças estatísticas entre as cultivares de feijoeiro para os atributos qualitativos embebição antes do cozimento (EANC), embebição após o cozimento (EAPC) e grãos inteiros após o cozimento (GI) (Tabela 4). Destacaram-se com os maiores valores de EANC e EAPC as cultivares BRSMG Realce e BRS Tesouro, respectivamente. Para GI sobressaíram as cultivares BRS Pitanga, IAC Tigre, BRS Radiante e BRSMG Realce. Observou-se também que a cultivar BRSMG Realce que obteve a maior EANC não foi a que apresentou o menor tempo de cocção, contrariando os resultados encontrados por Dalla Corte *et al.* (2003); Rodrigues *et al.* (2005),

os quais mencionaram que o tempo de cozimento depende da capacidade de absorção de água. No entanto, a cultivar IAC Tigre apresentou o menor tempo de cocção e se destacou entre os materiais que obtiveram alta PGI, sendo esse aspecto muito interessante tanto para a indústria empacotadora quanto para o consumidor.

As equações de regressão entre o tempo de hidratação e a quantidade de água absorvida pelos grãos das cultivares de feijoeiro (Tabela 5), mostraram que o período necessário para máxima hidratação variou de 11h47min s (EPAMIG Ouro Vermelho) a 16h03min (BRS Radiante). Portanto, houve diferença de 5h06min , podendo ser considerado um valor elevado. As cultivares que obtiveram maiores tempos, foram BRS Radiante, EPAMIG Ouro da Mata, IAC Tigre, BRSMG Realce e BRS Marfim com valores de 16h03min, 15h46min, 15h22min, 15h18min e 14h55min, respectivamente. De acordo com a metodologia utilizada, descrita na Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (Brasil, 2006), que considera como padrão o tempo de 16 horas de hidratação dos grãos em água destilada, as cultivares apresentaram desempenho satisfatório para os grãos obterem a completa absorção de água. No entanto, como geralmente os grãos de feijão são deixados em maceração (embebição) na noite anterior ao preparo, por um período de aproximadamente 12 horas (Ramos Junior *et al.*, 2005), observou-se desempenho satisfatório somente para a cultivar EPAMIG Ouro Vermelho.

Tabela 5 - Equação de regressão entre o tempo para hidratação de grãos, quantidade de água absorvida pelos grãos, tempo para máxima hidratação de grãos (TMH) e relação de hidratação (RH) de cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais. Jaboticabal, SP – 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	Equação de regressão ⁽²⁾	R ²	TMH ⁽¹⁾ h:min	RH --
BRS Radiante	$y = -0,00006x^2 + 0,11107x - 1,00334$	0,99**	16:03 a	2,0 a
BRSMG Realce	$y = -0,00006x^2 + 0,11778x - 3,38630$	0,98**	15:18 a	2,0 a
BRS Pitanga	$y = -0,00008x^2 + 0,12387x - 0,19114$	0,98**	13:13 b	1,9 b
BRSMG Tesouro	$y = -0,00008x^2 + 0,11937x + 6,83594$	0,92**	13:32 b	1,9 b
BRS Marfim	$y = -0,00006x^2 + 0,10745x + 1,84444$	0,99**	14:55 a	1,9 b
BRSMG União	$y = -0,00007x^2 + 0,12305x + 0,32970$	0,99**	13:55 b	2,0 a
IAC Tigre	$y = -0,00005x^2 + 0,10420x - 2,45236$	0,98**	15:22 a	2,0 a
EPAMIG Ouro Vermelho	$y = -0,00009x^2 + 0,12224x + 11,46168$	0,82**	11:47 c	2,0 a
EPAMIG Ouro da Mata	$y = -0,00004x^2 + 0,08613x + 2,51407$	0,97**	15:46 a	2,0 a
Média	----	---	14:03	2,0
Teste F	----	---	14,95**	5,2**
CV (%)	----	---	5,61	0,29

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott (valor de $p < 0,05$). CV: coeficiente de variação. ** significativo a 1% de probabilidade. ⁽²⁾ x = tempo para hidratação (horas) e y = quantidade de água absorvida (mL).

⁽²⁾

Quanto à relação de hidratação verificou-se que houve diferenças estatísticas entre as cultivares avaliadas (Tabela 5), entretanto esses valores ficaram próximos de dois (2,0), ou seja, os grãos absorveram massa de água semelhante à sua massa inicial, o que evidencia desempenho satisfatório quanto a esse atributo (Ramos Junior *et al.*, 2005; Farinelli & Lemos, 2010; Mingotte *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2020).

O estudo de correlação revelou que a produtividade de grãos aumenta, à medida que se eleva o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem, na proporção de ($r=5,0^{**}$) e ($r=0,57^{**}$), respectivamente (Tabela 6). Correlação significativa e positiva entre essas variáveis foram observadas por Barili *et al.* (2011); Zilio *et al.* (2011) para cultivares de feijoeiro comum do grupo carioca.

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Person (r), entre produtividade de grãos (PROD), número grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G), rendimento de peneira maior ou igual a 12 (RP \geq 12), tempo de cocção (TC), Embebição antes do cozimento (EANC), embebição após o cozimento (EAPC), grãos inteiros após o cozimento (GI), teor de proteína bruta (PB), relação de hidratação (RH) e tempo para máxima hidratação (TMH) para cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especiais.

Variável	PROD	GV	NV	M100 G	RP \geq 12	TC	EANC	EAPC	GI	PB	RH	TMH
PROD	1,00											
NGV	0,57**	1,00										
NVP	0,50**	0,43**	1,00									
M100G	-0,22	-0,59	-0,30	1,00								
RP \geq 12	-0,30**	-0,51**	-0,18	0,54**	1,00							
TC	-0,25**	-0,21	-0,18	0,31	0,11	1,00						
EANC	-0,31	0,37	-0,11	-0,03	0,44	0,12	1,00					
EAPC	0,32	0,21	0,33	0,43	-0,10	-0,28	-0,32	1,00				
GI	-0,42	0,04	-0,05	-0,53*	-0,08	0,45*	0,36	-0,81*	1,00			
PB	0,22	0,27	-0,02	0,007	-0,14	-0,001	0,47	-0,83*	0,80*	1,00		
RH	-0,28	-0,17	-0,29	0,20	0,313	0,03	0,84*	0,21	0,16	0,01	1,00	
TMH	-0,41*	-0,69**	-0,11	0,48**	0,47**	0,08	-0,55**	0,60*	-0,58*	-0,2	0,03	1,00

* e ** Significativo pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

A correlação entre a produtividade de grãos e o número de grãos por vagem ($r = 0,57^{**}$), pode contribuir de maneira mais acentuada para o aumento da produtividade de grãos das cultivares, como se observa na Tabela 2. Verificou-se também correlação positiva entre o

número de grãos por vagem e o número de vagem por planta ($r= 0,43^{**}$) e correlação significativa e negativa entre número de grãos por vagem, rendimento de peneira ≥ 12 e tempo de máxima hidratação, podendo destacar que a quantidade de grãos influencia a formação de grãos graúdos e a quantidade de água absorvida durante a hidratação dos grãos.

A massa 100 grãos se correlacionou significativamente e positivamente com o rendimento de peneira ≥ 12 e a quantidade de grãos inteiros após o cozimento ($-0,53^*$). A massa 100 grãos também correlacionou com o tempo de máxima hidratação, podendo enfatizar que grãos graúdos necessitam de maior tempo para hidratação. E verificou-se correlação significativa e positiva com rendimento de peneira ≥ 12 e o tempo de máxima hidratação.

Grãos inteiros após o cozimento correlacionou-se positivamente com o tempo de cocção dos grãos e correlação significativa e negativa entre massa 100 grãos e embebição após o cozimento.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade entre as cultivares de grãos especiais quanto aos atributos agronômicos e qualitativos.

As cultivares mais produtivas foram EPAMIG Ouro Vermelho, BRS Marfim e BRS Pitanga.

Na qualidade dos grãos, destacaram as cultivares BRS Radiante, BRSMG Realce, BRSMG Tesouro, IAC Tigre e EPAMIG Ouro Vermelho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Agriannual (2018). Agriannual: Anuário da Agricultura Brasileira. FNP Consultoria & Agroinformativos, São Paulo. 276 p.
- Alves MVP, Filla VA, Coelho AP, Leal FT, Bettiol JVT & Lemos LB (2020) Desempenho agronômico e qualitativo de cultivares de feijoeiro dos grupos comerciais carioca e especial na época de inverno. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 119:1-8.
- Ambrosano EJ, Wutke EB, Bulisani EA & Cantarella BH (1997) Feijão. In: Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Rajj V, Cantarella BH, Quaggio JÁ, Furlani AMC (Ed.), IAC, Campinas. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).
- Barbosa JC, Maldonado Júnior W (2015) Experimentação agronômica. *AgroEstat: Sistema para análises estatísticas para ensaios agronômicos*. Jaboticabal, Multipress. 396p.
- Barili LD, Vale NM, Moraes PPP, Baldissera JNC, Almeida CB, Rocha F & Guidolin A F (2011) Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Semina: Ciências Agrárias*, 32:1263-1274.
- Blair MW, González LF, Kimani PM & Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theoretical Applied Genetic*, 121:237-248.
- Bressani R (1993) Grain quality of common beans. *Food Reviews International*, 9:237-297.
- Buratto JS, Moda-Cirino V, Scholz MBS, Langame DEM, Fonseca Júnior N & Prete CEC (2009) Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31:593-597.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2006) Anexo I - Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC-Brasília, DF.

- Carbonell SAM, Chioratto AF, Gonçalves JGR, Perina EF & Carvalho CRL (2010) Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, 40:2067-2073.
- Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2019). Portal de Informações Agropecuárias, Observatório Agrícola, Grãos – Série histórica [internet]. Brasília, DF: Conab, 2018. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-graos.html>>. Acesso em 05 jun. 2020.
- Costa JGC, Kohashi-shibata J & Colin SM (1983) Plasticidade no feijoeiro comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18:159-167.
- Dalla Corte A, Moda-Cirino V, Sholz MBS & Destro D (2003) Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3:193-202.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Embrapa, Brasília. 353 p.
- Fageria NK, Stone LF, Santos AB & Carvalho MCS (2015) Nutrição mineral do feijoeiro. Brasília: Embrapa, 394 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fao (2020) New Food Balances. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>> Acesso em: 06 de agosto de 2020.
- Farinelli R & Lemos LB (2010) Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. *Bragantia*, 69:759-764.
- Ferreira DF (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38:109-112.

- Ferrari S & Ramos Júnior EU (2015) Tipos especial de feijão. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP & Ferrari S. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: FEPAF, p.370-386.
- Garcia-Vela LA & Stanley DW (1989) Water holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. *Journal of Food Science*, 54:1080-1081.
- Gonçalves DDL, Barelli MAA, Santos PRJD, Oliveira TCD, Silva CRD, Neves LG, & Luz PBD (2016). Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. *Ciência Rural*, 46:100-107.
- Instituto de Economia Agrícola – IEA (2018) Previsões e estimativas das safras agrícolas do estado de São Paulo, segundo levantamento, ano agrícola 2017/18 e levantamento final, ano agrícola 2016/17, novembro de 2017. *Análises e Indicadores do Agronegócio*, 13:1-13.
- Lemos LB, Mingotte FLC & Farinelli R (2015) Cultivares. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP & Ferrari S. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: FEPAF, p.181-207.
- Mingotte FLC, Guarnieri CCDO, Farinelli R & Lemos LB (2013) Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. *Bioscience Journal*, 29:1101-1110.
- Oliveira RL, Muniz JÁ, Andrade MJB & Reis RL (2009) Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. *Ciência e Agrotecnologia*, 33:113-119.
- Pavani LC, Lopes AS & Galbeiro RB (2008) Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. *Engenharia Agrícola*, 28:12-21.

- Pereira HS, Lopes AS & Galbeiro RB (2012) Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. *Bragantia*, 71:165-172.
- Pereira HS, Alvares RC, Silva FC, Faria LC & Melo LC (2017) Genetic environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. *Semina: Ciências Agrárias*, 38:1241-1250.
- Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Gonçalves JGR & Carbonell SAM (2010) Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. *Ciência e Agrotecnologia*, 34:398-406.
- Portugal JR, Peres AR & Rodrigues RAF (2015) Aspectos climáticos no feijoeiro. In: Arf O, Lemos LB, Soratto RP & Ferrari S. Aspectos gerais da cultura do feijão. 1. ed. Botucatu: FEPAF, p. 65-75.
- Plhak LC, Caldwell KB & Stanley DW (1989) Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. *Journal of Food Science*, 54:326-336.
- Proctor JR & Watts BM (1987) Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20:9-14.
- Ramalho MAP & Abreu AFB (2006) Cultivares. In: Vieira C, Paula Junior TJ & Borém A. Feijão. 2.ed. Viçosa: UFV, p. 415-436.
- Ramos Junior EU, Lemos LB & Silva TRB (2005) Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. *Bragantia*, 64:75-82.
- Reichert JM, Rodrigues MF, Awe GO, Riquelme UFB, Kaiser DR & Reinert DJ (2015) Common bean in highly variable weather conditions, on sandy soils, and food security in a subtropical environment. *Food and Energy Security*, 4:219-237.

- Ribeiro ND, Antunes IF, Poersch NL, Rosa SSD, Teixeira MG & Gomes ALDS (2008) Potencial de uso agrícola e nutricional de cultivares crioulas de feijão. *Ciência Rural*, 38:628-634.
- Ribeiro ND, Domingues LDS, Gruhn EM, Zemolin AEM & Rodrigues JDA (2014) Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especial. *Revista Ciência Agronômica*, 45:92-100.
- Rodrigues JÁ, Ribeiro ND, Cargnelutti Filho A, Trentin M & Londero PMG (2005) Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. *Bragantia*, 64:369-376.
- Silva MO, Brigide P & Canniatti-Brazaca SG (2013) Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alimentos e Nutrição*, 24:339-346.
- Silva OF & Wander AE (2015) Viabilidade econômica da cultivar de feijão-comum BRS Estilo. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*, 3:223-242.
- Silva SC, Didonet AD & Morais AC (2014) Clima. In: EMBRAPA. *Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 2 ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 247 p.
- Zilio M, Coelho CMM, Souza CA, Santos JCP & Miquelluti DJ (2011) Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciência Agronômica*, 42:429-438.

3.2 Características agronômicas e qualitativas de feijões tipo especial para exportação³

Resumo

O feijoeiro com grãos especiais para exportação tem boa aceitação no mercado internacional e pode ser um aliado para complementar a renda do produtor com a produção de produto diferenciado e com valor agregado para o mercado. Objetivou-se avaliar as características agronômicas e qualitativas de cultivares de feijoeiro com grãos especiais com potencial para exportação. O experimento foi conduzido em Jaboticabal–SP, no período de inverno de 2018. Os tratamentos foram constituídos por cinco cultivares de feijoeiro com grãos especiais para exportação (BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça). Após a maturação fisiológica e a colheita foram avaliados os atributos agronômicos (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos) e qualitativos (rendimento de peneira, proteína bruta, tempo de cocção, embebição antes e após o cozimento, grãos inteiros após cozimento, tempo de máxima hidratação e relação de hidratação). Os atributos agronômicos e qualitativos foram influenciados pelas cultivares de feijoeiro. As cultivares BRS FS 305 e BRS Embaixador apresentaram maiores massas de 100 grãos e produtividade de grãos. A cultivar BRS Executivo obteve as melhores características qualitativas dos grãos, seguida pela BRS Ártico e IPR Garça.

Palavras-chave: Aspectos qualitativos; Mercado internacional; Nicho de mercado; *Phaseolus vulgaris* L.; Produtividade de grãos

Introdução

O feijoeiro possui importância socioeconômica em diversos países, servindo como fonte de proteína vegetal (Mondo e Nascente, 2018), devido aos elevados teores de proteínas e de minerais presentes nos seus grãos, contribuindo para a alimentação diária da população, com baixo custo comparado aos alimentos de origem animal (Brigide et al., 2014).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de feijão, sendo o tipo Carioca (tegumento creme com estrias ou rajas marrom) o principal grupo cultivado, representando 75% da produção nacional e consumido no Brasil, No entanto não é consumido em escala internacionalmente. Os grupos comerciais de maior interesse internacional são Cranberry,

³ Este capítulo refere-se ao artigo submetido a revista Australian Journal of Crop Science.

Sugar Bean, Branco, Dark Red Kidney, Light Red Kidney e Calima, porém pouca importância foi dada pelos programas de melhoramento de feijões de origem andina no Brasil, e como consequência há poucas cultivares disponíveis, o que gera baixa produção interna (Embrapa, 2019). Apesar do enorme potencial produtivo do Brasil, o país ainda apresenta baixa expressão em exportação de grãos de feijão e o principal fator é a predominância de produção do grupo comercial carioca, enquanto grande parte dos países importadores consomem feijões especiais (Almeida et al., 2016).

Feijões especiais são todos aqueles que se diferenciam dos tipos carioca e preto, podendo ser destinados ou não a exportação. Os destinados à exportação apresentam características definidas (uniformidade na cor, forma e calibre) estabelecidas pelos países importadores (Ferrari e Ramos Junior, 2015). Grãos com tegumentos brancos, vermelhos e rajados têm grande aceitação no mercado internacional (Thung et al., 2009), possuindo maior valor agregado para comercialização e representam mercado distinto do explorado no Brasil (Oliveira et al., 2012), podendo ser uma alternativa para diversificar o cultivo e minimizar as oscilações de renda pelos produtores, disponibilizando no mercado interno e externo, um produto diferenciado e com maior valor agregado, ou seja, um produto “gourmet”. O Brasil não tem tradição de produzi-los e informações referentes à produtividade e os atributos qualitativos do feijoeiro com grãos especiais para exportação são escassos. É sabido que informações referentes aos atributos produtivos e qualitativos são importantes para adoção de determinada cultivar pelos produtores e são determinantes para a comercialização. Dada à importância deste grupo de feijões, objetivou-se avaliar as características agrônomicas e qualitativas de cultivares de feijoeiro com grãos especiais com potencial para exportação.

Resultados e discussão

O conhecimento da altura de inserção da primeira vagem é determinante na escolha do material quando se leva em consideração a colheita mecanizada (KAPPES, 2008). Na tabela 2 a cultivar BRS Executivo com 18,0 cm foi a que obteve a maior altura de inserção da primeira vagem.

Para os componentes de produção número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa dos grãos e a produtividade houve diferença estatística entre as cultivares (Tabela 2). O maior número de vagens por planta ocorreu na cultivar BRS Embaixador (13,2), valor superior ao encontrado por Alves et al. (2020) ao avaliarem cultivares de feijoeiro

especial no município de Jaboticabal-SP que obtiveram média de 6 vagens planta⁻¹. Para o número de grãos por vagem, a cultivar BRS Executivo obteve 4,7 grãos deferindo das demais cultivares. Os valores obtidos são usuais para *Phaseolus vulgaris*, que tem como característica apresentar de quatro a sete grãos por vagem (Zimmermann et al., 1996; Ramos Júnior et al. 2005; Zilio et al. 2011; Mondo e Nascente, 2018; Santis et al. 2019).

Tabela 2- Altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD), de cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial para exportação. Jaboticabal, SP - 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	AIPV cm	NV -----nº-----	GV	M100 g	PROD kg ha ⁻¹
BRS Ártico	14,5 c	8,2 b	3,8 b	44,5 b	1.913 b
BRS Executivo	18,0 a	8,0 b	4,7 a	59,7 a	2.001 b
BRS FS 305	15,5 bc	8,2 b	4,0 b	57,2 a	2.771 ab
BRS Embaixador	16,7 ab	13,2 a	4,2 ab	54,2 a	3.017 a
IPR Garça	16,7 ab	10,5 b	4,1b	43,7 b	2.346 ab
Média	16,3	9,6	4,2	51,9	2.410
Teste F	8,2**	19,2**	7,5**	32,9**	6,2**
CV (%)	5,7	10,6	4,8	4,9	15,9

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey
CV = Coeficiente de Variação; ** = significativo (p < 0,01).

Para o componente de produção massa de 100 grãos (M100), os maiores valores foram observados nas cultivares BRS Executivo, BRS FS 305 e BRS Embaixador com 54,2 a 59,7 g 100⁻¹ grãos, respectivamente (Tabela 2). Ao avaliar os atributos produtivos de cultivares de feijoeiro com grãos especiais, Alves et al. (2020) obtiveram M100 grãos semelhantes as obtidas na presente pesquisa. Os grãos com M100 superiores a 40 g são classificados como tamanho grande (Blair et al. 2010), característica desejável para a exportação, pois apresentam maior

comercialização, com mercado distinto do explorado no Brasil, alcançando alto valor no mercado externo (Oliveira et al., 2012).

A produtividade de grãos variou de 1.913 a 3.017 kg ha⁻¹ obtidos pelas cultivares BRS Ártico e BRS Embaixador, respectivamente, ou seja, variação de 1.104 kg de grãos o que equivale a 18,4 sacas de feijão. As cultivares BRS Embaixador e BRS FS 305 com 3.017 e 2.771 kg ha⁻¹ foram as mais produtivas. Tal fato pode ser associado às maiores M100 grãos que ambas obtiveram (Tabela 2). Esses valores são superiores a produtividade média do estado de São Paulo para o feijão carioca irrigado que foi de 2.741 kg ha⁻¹ (Iea, 2018). Isso evidencia o potencial produtivo dessas cultivares, tendo em vista perspectivas para nichos de mercados, garantindo maior valor agregado na comercialização dos grãos, gerando lucro para o produtor.

A cultivar BRS Ártico foi a que obteve a menor produtividade de grãos 1.913 kg ha⁻¹. Comparado as cultivares mais produtivas BRS Embaixador e BRS FS 305, a diferença de grãos corresponde a 1104 e 858 kg, o que corresponde a 18 e 14 sacas de grãos, respectivamente. Ao avaliar cultivares de feijoeiro especial nas mesmas condições ambientais, Alves et al. (2020) observaram que a cultivar BRS Ártico foi a menos produtiva (1.589 kg ha⁻¹), indicando que provavelmente essa cultivar tenha sofrido com as variações climáticas do ambiente de cultivo, tendo em vista que a produtividade de grãos do feijoeiro é resultado da combinação de seus componentes, como número de vagens por planta ou por unidade de área, número de grãos por vagem e a massa dos grãos são influenciados por fatores genéticos e ambientais (Fageria et al., 2015).

Com relação aos atributos qualitativos para tamanhos dos grãos, as maiores quantidades de grãos ficaram retidas nas peneiras de crivos 15 e 16 com rendimento de 30,2 e 25,5%, respectivamente. O rendimento de peneiras com crivos ≥ 13 foi superior a 80%, o qual representa grãos graúdos e com maior retorno financeiro ao produtor (Tabela 3). Feijão com essa característica de grãos e com rendimento de peneira acima de 70% são considerados como referência pelas empacotadoras de feijão, as quais oferecem gratificação financeira que proporcionam maior retorno ao produtor (Carbonell et al., 2010).

Tabela 3- Percentual de grãos retidos nas peneiras (RP) de crivo, 12, 13, 14, 15, 16 e maior e igual a 13, de cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais para exportação, Jaboticabal, SP - 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	RP12	RP13	RP14	RP15	RP16	RP \geq 13
	-----%-----					
BRS Ártico	9,0 a	15,7 ab	22,5 b	25,5 c	23,6 b	87,3 c
BRS Executivo	8,5 ab	21,4 a	31,2 a	28,0 b	8,3 c	89,0 b
BRS FS 305	6,7 abc	7,7 bc	17,0 bc	31,5 ab	26,4 b	82,8 ab
BRS Embaixador	3,7 c	4,8 c	14,6 c	33,2 a	38,6 a	91,3 a
IPR Garça	4,0 bc	6,9 bc	19,2 bc	33,0 ab	30,8 b	90,1 ab
Média	6,4	11,3	20,9	30,2	25,5	88,1
Teste F	5,4**	11,8**	20,3**	2,4**	12,6**	6,1**
CV (%)	32,8	35,7	13,6	14,2	24,5	3,0

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey
CV = Coeficiente de Variação; ** = significativo ($p < 0,01$).

As cultivares BRS Ártico e BRS Executivo destacaram-se com 22,4% de proteína bruta nos grãos (Tabela 4) e teor médio de 20,7, corroborando com os resultados obtidos, utilizando cultivares de feijoeiro tipo carioca por Carneiro (2008); Brigide et al. (2014) e superiores aos obtidos por Alves et al. (2020) em cultivares com grãos especiais. Esse atributo qualitativo pode variar em função do local de cultivo, do efeito da interação genótipos por ambiente e da variabilidade genética entre as cultivares (Buratto et al., 2009; Ribeiro et al., 2008; Ribeiro et al., 2014).

Tabela 4- Teor de proteína bruta (PB), tempo de cocção (TC), embebição antes do cozimento (EANC), embebição após o cozimento (EAPC) e grãos inteiros após o cozimento (GI), de cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais para exportação. Jaboticabal, SP – 2018 ⁽¹⁾.

Cultivares	PB %	TC min:seg	EANC -----%-----	EAPC -----%-----	GI
BRS Ártico	22,4 a	28:00 a	105,4 bc	140,5 c	91,0 a
BRS Executivo	22,4 a	29:00 a	110,6 a	154,8 b	89,9 ab
BRS FS 305	19,1b	28:33 a	100,9 c	174,7 a	73,9 bc
BRS Embaixador	19,5 b	21:33 b	104,3 c	171,5 a	72,0 c
IPR Garça	20,2 b	28:59 a	109,1 ab	162,6 ab	74,6 bc
Média	20,7	27:05	106,1	160,8	80,2
Teste F	6,5**	9,81**	6,8**	12,3**	4,3**
CV (%)	5,2	6,69	2,4	4,2	10,7

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Tukey

CV = Coeficiente de Variação; ** = significativo ($p < 0,01$).

Para o tempo de cocção houve variação de 21min e 33s e 29 min, para as cultivares BRS Embaixador e BRS Executivo, respectivamente, com média de 27min e 05s (Tabela 4). Essa diferença de 08 minutos pode ser considerada expressiva ou alta, dentro do contexto de consumo energético em termos de gás e de tempo para o preparo do alimento. A cultivar com menor tempo de cocção foi a BRS Embaixador. Todas as cultivares apresentaram tempo de cocção inferior a 30 minutos, o que as classifica como aceitáveis (Ramalho & Abreu, 2006) e com resistência “moderada” à cocção (Proctor e Watts, 1987) quando recém-colhido os grãos. A menor demanda de energia e de tempo no preparo de refeições aumenta a preferência do consumidor pelos grãos com menor tempo de cocção (Dalla-Corte et al., 2003).

Houve diferença estatística entre as cultivares de feijoeiro para os atributos EANC, EAPC e GI (Tabela 4). As cultivares BRS Executivo (110,6%) e IPR Garça (109,1%) destacaram-se com os maiores valores de EANC. Observa-se que essas cultivares não foram as que obtiveram o menor tempo de cocção, contrariando os resultados obtidos por Dalla-Corte et al. (2003); Rodrigues et al. (2005), os quais mencionaram que o tempo de cocção depende da capacidade

de absorção de água pelos grãos. Para Carbonell et al. (2003) nem sempre a maior capacidade dos grãos hidratarem indica menor tempo de cocção.

A maior EAPC foi para as cultivares BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça com 174,7, 171,5 e 162,6%, respectivamente, sendo as que obtiveram as menores quantidades de grãos inteiros após o cozimento (Tabela 4). Cultivares com boa embebição após o cozimento são recomendadas a refeitórios e cozinhas industriais, pois proporcionam maior rendimento após o seu cozimento (Perina et al., 2010). A maior proporção de grãos inteiros após o cozimento é considerada interessante, caracterizando o produto como de alta qualidade tecnológica (Perina et al., 2014), no entanto altos valores de embebição pode causar a fragmentação dos grãos durante o cozimento, diminuindo o GI, fato que pode ter ocorrido com as cultivares BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça.

As equações de regressão entre o tempo de hidratação e a quantidade de água absorvida pelos grãos das cultivares de feijoeiro especial para exportação (Tabela 5), mostram que a máxima hidratação variou de 12h33min (IPR Garça) a 17h00 (BRS Embaixador). Ressalta-se que para o TMH dos grãos preconizam-se menores valores, uma vez que menor valor será o tempo de preparo do alimento (Alves et al., 2020). O método descrito na Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (Brasil, 2006), considera como padrão o tempo de 16 horas de hidratação dos grãos em água destilada. As cultivares apresentaram desempenho satisfatório para os grãos obterem a completa absorção de água. No entanto, como geralmente os grãos de feijão são deixados em maceração (embebição) na noite anterior ao preparo, por um período de 12 a 14 horas (Lemos et al., 2012) observou-se desempenho satisfatório para as cultivares IPR Garça e BRS Ártico, ambas de tegumento branco (Tabela 1).

Tabela 5: Equações de regressão entre o tempo para hidratação de grãos, quantidade de água absorvida pelos grãos, tempo para máxima hidratação de grãos (TMH) e relação de hidratação (RH) de cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial. Jaboticabal, SP – 2018⁽¹⁾.

Cultivares	Equações de regressão ⁽²⁾	R ²	TMH ⁽¹⁾ h:min	RH
BRS Ártico	$y = -0,00008x^2 + 0,13113x - 0,90798$	0,98**	13,00 c	2,08 a
BRS Executivo	$y = -0,00007x^2 + 0,12610x + 0,48832$	0,99**	14,06 bc	2,12 a
BRS FS 305	$y = -0,00006x^2 + 0,11068x - 1,69845$	0,99**	15,00 b	2,03 a
BRS Embaixador	$y = -0,00006x^2 + 0,10851x + 0,45236$	0,99**	17,00 a	2,06 a
IPR Garça	$y = -0,00010x^2 + 0,14578x + 3,70530$	0,96**	12,33 c	2,15 a
Média	---	---	14,27	2,09
Teste F	---	---	11,20**	26,6**
CV (%)	---	---	6,74	0,74

(1) Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott & Knott (P < 0,05). ** significativo a 1% de probabilidade. ⁽²⁾x = tempo para hidratação (horas) e y = quantidade de água absorvida (mL).

A maior resposta para a relação de hidratação dos grãos do feijoeiro corresponde à proximidade do valor 2,0. Tal relação reflete a absorção de massa de água igual ao da massa inicial dos grãos (Carmes Filho et al., 2014). As cultivares de feijoeiro com grãos especiais tipo exportação após 16 horas de embebição em água destilada, absorveram a quantidade de água semelhante à sua massa inicial (Tabela 4), o que evidencia desempenho satisfatório quanto a essa variável. Outras pesquisas obtiveram resultados de relação de hidratação similar às da presente pesquisa para feijoeiro carioca (Farinelli e Lemos, 2010; Carmes Filho et al., 2014; Souza et al., 2019), o que está em consonância com a demanda do mercado consumidor.

A correlação entre a produtividade de grãos e o número de vagens por vagem (r = 0,46*), pode contribuir de maneira mais acentuada para o aumento da produtividade de grãos das cultivares, como se observa na Tabela 2.

Verificou-se também correlação positiva entre a massa de 100 grãos e o tempo de máxima hidratação dos grãos, podendo enfatizar que grãos graúdos necessitam de maior tempo para hidratação (Tabela 6). Correlação positiva entre a relação de hidratação com o rendimento

de peneira maior ou igual a 12 e com o tempo de máxima hidratação. As características morfológicas e físicas dos grãos podem ter afetados essas correlações (Coelho et al., 2007).

Para a correlação significativa e negativa entre embebição após a cocção e grãos inteiros, provavelmente com a maior penetração de água nos grãos durante o cozimento facilita a expansão das membranas dos grãos e conseqüentemente sua fragmentação.

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Person (r), entre produtividade de grãos (PROD), número grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos (M100G), rendimento de peneira maior ou igual a 12 (RP \geq 12), tempo de cocção (TC), Embebição antes do cozimento (EANC), embebição após o cozimento (EAPC), grãos inteiros após o cozimento (GI), teor de proteína bruta (PB), relação de hidratação (RH) e tempo para máxima hidratação (TMH) para cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especiais para exportação.

Variável	PROD	GV	NV	M100 G	RP \geq 12	TC	EANC	EAPC	GI	PB	RH	TMH
PROD	1,00											
GV	0,12	1,00										
NV	0,46*	0,10	1,00									
M100G	0,29	0,14	0,04	1,00								
RP \geq 12	0,24	0,22	0,47	-0,01	1,00							
TC	-0,20	-0,28	-0,65	-0,07	-0,37	1,00						
EANC	-0,31	0,47	-0,03	-0,11	0,44	0,12	1,00					
EAPC	0,43	0,21	0,43	0,33	-0,10	-0,38	-0,32	1,00				
GI	-0,61	0,04	-0,53	-0,05	-0,08	0,45	0,36	-0,81*	1,00			
PB	-0,36	0,18	-0,38	-0,19	0,15	0,28	0,57	-0,53	0,48	1,00		
RH	-0,23	0,40	0,08	-0,06	0,46*	-0,40	0,44	-0,21	0,16	0,35	1,00	
TMH	0,55	0,07	0,50	0,44*	-0,01	-0,42	0,55	-0,21	0,16	0,35	-0,56*	1,00

* e ** Significativo pelo teste t a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Jaboticabal, São Paulo. O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido, com verões quentes e úmidos, e invernos frios e secos, sendo a altitude média de 575 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 2013). Os dados climáticos durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

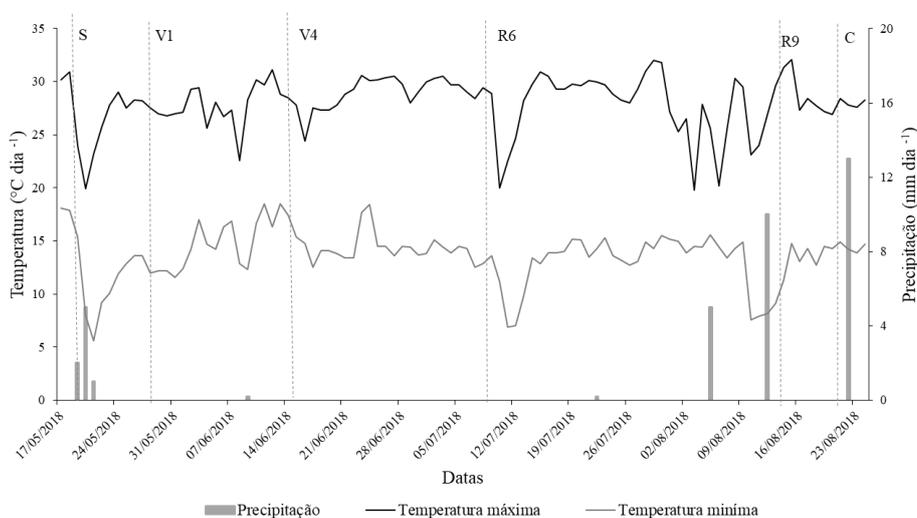


Figura 1- Condições climáticas registradas durante a condução do experimento de cultivares de feijoeiro especial, na safra de inverno para a região de Jaboticabal, SP no ano de 2018. S = semeadura; V1 = emergência; V4 = terceiro trifólio completamente expandido; R6 = florescimento pleno; R9 = maturidade fisiológica; C = colheita. Fonte: Estação agroclimatológica, Departamento de Ciências Exatas UNESP, Jaboticabal, SP.

A área experimental se encontrou no primeiro ano de adoção do sistema plantio direto (SPD) com palhada de milho. O SPD foi implantado por meio de escarificação do solo em 06/12/2017, seguida pela aplicação de calcário (dose de 1t ha⁻¹) com base em análise de solo prévia, com posterior incorporação por aração com arado de discos e duas passagens de grade niveladora. A cultura antecessora ao feijoeiro foi a do milho (*Pennisetum americanum* L.) cultivar ADR – 300, semeada em 13 de dezembro de 2017, utilizando-se 14 kg ha⁻¹ de sementes com espaçamento de 0,45 m entre linhas. A cultura do milho foi dessecada aos 60

dias após a emergência, quando se encontrava com as panículas, utilizando-se de Glifosato na dose de 2 L ha⁻¹ do produto comercial. Após dez dias da aplicação do herbicida foi realizada a trituração do milho, utilizando-se triturador de plantas mecanizado.

O solo foi coletado após a dessecação do milho e antes da implantação do feijoeiro na camada 0,00-0,20 m e, em seguida, analisado em laboratório para fins de fertilidade. Os resultados obtidos foram: pH (CaCl₂) = 6,1; MO = 22 g dm⁻³; P (resina) = 87 mg dm⁻³; K = 9,0 mmol_c dm⁻³; Ca = 48 mmol_c dm⁻³; Mg = 20 mmol_c dm⁻³; S = 10 mg dm⁻³; B = 0,25 mg dm⁻³; Cu = 1,0 mg dm⁻³; Fe = 20 mg dm⁻³; Mn = 23 mg dm⁻³; Zn = 4,0 mg dm⁻³; H+Al = 25 mmol_c dm⁻³; CTC = 102 mmol_c dm⁻³; V = 75%; argila = 540 g kg⁻¹; silte = 230 g kg⁻¹ e areia = 230 g kg⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares de feijoeiro com grãos tipo especial para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça (Tabela 1). Cada parcela experimental consistiu-se de cinco linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,45 metros, sendo considerada área útil às três linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

Tabela 1. Informações referentes às cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial. Jaboticabal, SP – 2018⁽¹⁾.

Cultivares	Instituição pertencente ⁽¹⁾	Hábito de crescimento	Ciclo (dias)	Descrição do tegumento
BRS Ártico	EMBRAPA	Tipo I	75-84	Branco
BRS Executivo	EMBRAPA	Tipo II	85-95	Rajado - tegumento creme com estrias ou rajadas vermelhas
BRS FS 305	EMBRAPA	Tipo II	75-84	Tegumento vermelho com estrias ou rajadas creme
BRS Embaixador	EMBRAPA	Tipo I	75-84	Vermelho escuro
IPR Garça	IAPAR	Tipo I	67	Branco

⁽¹⁾ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR).

A semeadura foi realizada de forma manual em 18 de maio de 2018, distribuindo-se 12 sementes por metro de sulco, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, padronizando-se uma população final de 245.000 plantas ha⁻¹ para todas as parcelas. O cultivo foi classificado como feijoeiro de inverno devido à época de semeadura e uso de irrigação. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão convencional, e o turno de rega a cada 4 dias, aplicando-se uma lâmina de 10 a 20 mm de acordo com a necessidade da cultura. A lâmina total aplicada foi de 550 mm (Pavani et al., 2008).

As adubações de semeadura e cobertura foram realizadas levando em consideração as recomendações técnicas de Ambrosano et al. (1997). A adubação de semeadura foi realizada de forma mecanizada utilizando-se a dose de 350 kg ha⁻¹ do formulado 04-28-10 (0,3% B, 4% Ca, 0,01% Mo, 5% S e 1,2% Zn), correspondente as doses de 14, 98 e 35 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O. As adubações de cobertura foram efetuadas de forma manual em duas etapas: a primeira no estágio fenológico V4-4 (quarta folha trifoliada formada e expandida) que constou da aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O via fertilizante formulado 30-00-10 e a segunda no estágio V4-6 (sexta folha trifoliada formada e expandida) com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, via ureia. Os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura, seguida de irrigação com lâmina de água de 15 mm para incorporação do fertilizante.

Para o controle de plantas daninhas foram realizadas aplicações dos herbicidas S-metolaclo-ro (100 g ha⁻¹ do i.a.) em pré-emergência e em pós-emergência, utilizou-se Cletodim (108 g ha⁻¹ do i.a.) no estágio V3 (emissão da primeira folha trifoliolada) e em V4 (emissão da terceira folha trifoliolada) de Bentazona + Imaxomoxi (600 + 28 g ha⁻¹ do i.a.), e capinas manuais nas linhas e entre linhas, durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura.

O controle fitossanitário foi efetuado mediante o monitoramento das pragas e doenças, utilizando-se pulverizador tratorizado e aplicação de acetamiprido + piriproxifem (300 + 100 g ha⁻¹ do i.a.) em 5 de julho; acetamiprido (300 g ha⁻¹ do i.a.) em 6 de julho; tiametoxam + lambda-cialotrina (100 mL ha⁻¹) em 10 de julho; piraclostrobina + tiametoxam + lambda-cialotrina (40 g + 100 mL ha⁻¹ do i.a.) em 26 de julho.

Os atributos agrônômicos foram determinados a partir da maturidade fisiológica das vagens (R9). Antes da colheita avaliou-se altura de inserção da primeira vagem (AIPV),

medida do nível do solo até a inserção da primeira vagem. Após a colheita avaliou-se número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos por meio da coleta de 10 plantas consecutivas na linha de cultivo na área útil de cada parcela experimental. A produtividade de grãos foi realizada por meio do arranquio das plantas das três linhas centrais da parcela, com secagem a pleno sol e posterior trilha mecanizada. Foi padronizado o teor de umidade dos grãos para 13% de base úmida.

A determinação dos atributos qualitativos iniciou-se pelo rendimento de peneira (RP), onde amostras de grãos de cada parcela experimental foram submetidas ao conjunto de peneiras de crivos oblongos de número 12 (12/64" pol.), 13 (13/64" pol.), 14 (14/64" pol.), 15 (15/64" pol.) e 16 (16/64" pol.) em agitação por um minuto. Os valores apresentados foram utilizados para calcular o percentual de grãos, por meio da relação entre a massa dos grãos retidos em cada peneira e a massa da amostra total de cada repetição. Foi realizado também o rendimento de peneira maior ou igual a 13 ($RP \geq 13$), sendo a somatória das peneiras com crivos oblongos 13, 14, 15 e 16. As amostras retidas na peneira 15 foram acondicionadas em sacos de papel e utilizadas para as demais avaliações qualitativas após 40 dias de armazenamento.

O teor de proteína bruta (%) foi obtido pelo teor de nitrogênio (N) contido nos grãos, o qual foi determinado por meio de digestão sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com de ácido clorídrico. Posteriormente foi realizado o cálculo: $PB = (N \text{ total} \times 6,25)$ onde, PB = teor de proteína bruta nos grãos ($g \text{ kg}^{-1}$) e N total = teor de N nos grãos.

O tempo de cocção foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson que consta basicamente de 25 estiletos verticais com peso de cada unidade de 90 gramas e ponta de 1 mm de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão se encontra cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja, 13 estiletos foram deslocados. Para essa determinação, os grãos ficaram em hidratação em água deionizada por 16 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a $96 \text{ }^\circ\text{C}$.

A porcentagem de embebição antes (EANC) e após o cozimento (EAPC) foram obtidas por meio dos métodos descritos por Garcia-Vela e Stanley (1989) e de Plhak et al. (1989). Para isso, foram amostrados aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros obtendo-se a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram embebidos em 100 mL de água deionizada em béquer de 250 mL por 16 horas, à temperatura ambiente. Após esse período, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel toalha e

em seguida pesados, obtendo-se a massa de grãos úmidos (MU) e a porcentagem de embebição antes do cozimento, determinada pela fórmula: $EANC = [(MU - MS)/MS] \times 100$.

Para EAPC, após as 16 horas de embebição, os 30 g de grãos foram colocados em um becker contendo 100 mL de água deionizada e colocados em uma chapa aquecedora elétrica por uma hora após o início da fervura, com reposição da água evaporada, quando necessário. Os grãos (inteiros e fragmentados) foram drenados e pesados, obtendo-se a massa úmida após cozimento (MU_c) e determinada pela fórmula: $EAPC = [(MU_c - MS)/MS] \times 100$.

Da amostra proveniente da EAPC foi obtida a porcentagem de grãos inteiros após cozimento (PGI). Os grãos após o cozimento foram contabilizados em sua totalidade (TG) e separados em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). A partir dessa contagem, calculou-se então a PGI, pela fórmula: $PGI = [(TG - GP)/TG] \times 100$.

A capacidade de hidratação dos grãos foi determinada utilizando-se uma proveta graduada de 500 mL com precisão de 5 mL e copos de 250 mL. Cada copo recebeu uma amostra de 50 g de grãos previamente selecionados e depois 200 mL de água destilada. De duas em duas horas, durante um período de 16 horas, o volume de água não absorvido pelos grãos foi avaliado, vertendo-o do copo para a proveta graduada. No final das 16 horas de avaliação, o excesso de água foi drenado e os grãos foram pesados. A relação de hidratação (RH) foi determinada pela razão entre massa final e massa inicial de grãos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F), a 15% de probabilidade, e as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. Foi realizado também o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e o volume de água absorvido pelos grãos (mL), visando determinar o tempo para a máxima hidratação dos grãos de feijoeiro. As análises de variância foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014). A análise de correlação simples foi realizada no software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

Conclusões

Os atributos agronômicos e qualitativos foram influenciados pelas cultivares de feijoeiro. As cultivares BRS FS 305 e BRS Embaixador apresentaram maiores massas de 100 grãos e produtividade de grãos. A cultivar BRS Executivo obteve as melhores características qualitativas dos grãos, seguida pela BRS Ártico e IPR Garça.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

Referências

- Almeida PRV, Wander AE, Figueiredo RS (2016) Panorama do mercado internacional de feijões: análise dos principais players mundiais com a competitividade do setor de exportações brasileira. *Rev. Gestão, Inov. Neg.*, 2(1):1-23.
- Alves MVP, Filla VA, Coelho AP, Leal FT, Bettiol JVT, Lemos LB (2020) Desempenho agrônomo e qualitativo de cultivares de feijoeiro dos grupos comerciais carioca e especial na época de inverno. *Rev. Fac. Agron.*, 119(1):1-8.
- Ambrosano EJ, Wutke EB, Bulisani EA, Cantarella BH (1997) Feijão. In: Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Raij V, Cantarella BH, Quaggio JÁ, Furlani AMC (Ed.), IAC, Campinas. p. 194-195. (Boletim Técnico, 100).
- Barbosa JC, Maldonado Júnior W (2015) Experimentação agrônômica. *AgroEstat: Sistema para análises estatísticas para ensaios agrônômicos*. Jaboticabal, Multipress. 396p.
- Buratto JS, Moda-Cirino V, Scholz MBS, Langame DEM, Fonseca Júnior N, Prete CEC (2009). Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. *Acta. Sci. Agron.*, 31(2):593-597.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Anexo I - Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC-2006. Brasília, DF, 2006.
- Brigide P, Canniatti-Brazaca SG, Silva MO (2014). Nutritional characteristics of biofortified common beans. *Int. J. Food Sci.*, 34(3):493-500.

- Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010). Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. *Theoretical Appli. Genetic*, 121(2):237-248.
- Carbonell, SAM, Chioratto AF, Gonçalves JGR, Perina EF and Carvalho CRL (2010). Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, 40(10):2067-2073.
- Carbonell SAM, Carvalho CRL, Pereira VR (2003). Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, 62(3):369-379.
- Carneis Filho ACA, Cunha TPL, Mingotte FLC, Amaral CB, Lemos LB, Fornasieri Filho D (2014). Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. *Rev. Caatinga*, 27(2):66-75.
- Carneiro JES (2008). BRSMG Madrepérola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.*, 12(2):163-166.
- Coelho CMM, Zílio M, Piazzoli D, Farias FL, Souza CA, Bortoluzzi RLC (2007) Influência das Características Morfológicas e Físicas dos Grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na sua Capacidade de Hidratação e Cocção. *Ver. Bras. Biociências*, 5(2):105-107.
- Dalla-Corte A, Moda-Cirino V, Sholz MBS, Destro D (2003). Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 3(3):193-202.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Embrapa, Brasília. 353 p.
- Embrapa (2019). BRS FS305: cultivar de feijão para exportação com grãos calima. Comunicado técnico 250, Santo Antônio de Goiás, GO, p.7.

- Fageria NK, Stone LF, Santos AB, Carvalho MCS (2015). Nutrição mineral do feijoeiro. Brasília: Embrapa, 394.
- Farinelli R, Lemos LB (2010). Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. *Bragantia*, 69(3):759-764.
- Ferrari S, Ramos Júnior EU (2015) Tipos especial de feijão. In: Arf O, Lemos L.B.; Soratto RP, Ferrari S (Ed.). Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: FEPAF, p.370-386.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. e Agrotec.*, 38(2):109-112.
- Garcia-Vela LA, Stanley DW (1989). Water holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. *J. Food Sci*, 54(4):1080-1081.
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. Previsões e estimativas das safras agrícolas do estado de São Paulo, segundo levantamento, ano agrícola 2017/18 e levantamento final, ano agrícola 2016/17, novembro de 2017. *Análises e Indicadores do Agronegócio*, v.13, n.2, p.1-13, fevereiro 2018.
- Kappes C, Wruck FJ, Carvalho MAC, Yamashita OM (2008) Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9, Campinas. Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão. Campinas: Instituto Agronômico.
- Lemos LB, Merida D, Farinelli R, Fiorentin CF (2012). Características agronômicas e tecnológicas dos grãos de cultivares de feijão do grupo comercial preto na safra de inverno. *Rev. Ciên. Agrov.* 11(1):42-47.
- Mondo VHV, Nascente AS (2018). Produtividade do feijão comum afetado por população de plantas. *Rev. Agrarian*,11(39):89-94.

- Oliveira DP, Vieira NMB, Souza HC, Ramalho AM, Pereira J, Andrade MJB (2012). Qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão-comum na safra das águas. *Semina: Ciênc. Agrár.*, 33(5):1831-1838.
- Pavani LC, Lopes AS, Galbeiro RB (2008). Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. *Eng. Agríc.*, 28(1):12-21.
- Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Gonçalves JGR, Carbonell SAM (2010). Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. *Ciênc. e Agrotec.*, 34(2):398-406.
- Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Lopes RLT, Gonçalves JGR, Carbonell SAM (2014). Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. *Bragantia*, 73(1):14-22.
- Plhak LC, Caldwell KB, Stanley DW (1989). Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. *J. Food Sci.*, 54(2):326-336.
- Proctor JR and Watts BM (1987). Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. *Can. Inst. Food Sci. j.*, 20(1):9-14.
- Ramalho MAP, Abreu AFB, Cultivares. In: Vieira C, Paula Junior TJ, Borém A, (eds). *Feijão*. 2.ed. Viçosa: UFV, 415-436 (2006).
- Ramos Júnior EU, Lemos LB, Silva TRB (2005) Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. *Bragantia*, 64(1):75-82.
- Ribeiro, N.D, Antunes IF, Poersch NL, Rosa SSD, Teixeira MG, Gomes ALDS (2008). Potencial de uso agrícola e nutricional de cultivares crioulas de feijão. *Ciênc. Rural*, 38(3):628-634.

- Ribeiro, N.D, Domingues LDS, Gruhn EM, Zemolin AEM, Rodrigues JDA (2014). Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especial. *Rev. Ciênc. Agrônômica*, 45(1):92-100.
- Rodrigues JA, Ribeiro ND, Cargnelutti Filho A, Trentin M, Londero PMG (2005). Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. *Bragantia*, 64(6):369-376.
- Santis FP, Salvador Neto A, Cavalcante AG, Filla VA, Mingotte FLC, Lemos LB (2019). Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. *Colloquium Agrariae*, 15(6):21-30.
- Souza SS, Santana MJ, Lemos LB, Valeriano TTB, Cunha TPL (2019). Qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão-comum em resposta a reposições hídricas no solo. *Rev. Inova Ciênc. Tecn.*, 5(2):5-11.
- Thung M, Soares DM, Aidar H (2009). Agregação de valores com feijões especial. In: Kluthcouski J, Stone LF, Aidar H. *Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.83-96.
- Zilio M, Coelho CMM, Souza CA, Santos JCP, Miquelluti DJ (2011). Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ciênc. Agron.*, 42(2):429-438.
- Zimmermann MJO, Carneiro JES, Del Peloso MJ, Costa JGC, Rava CA, Sartorato A, Pereira PAA (1996). Melhoramento genético e cultivares. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF, Zimmermann MJO. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, p.223-273.

CAPÍTULO 4 - Qualidade Tecnológica de grãos durante o armazenamento

4.1 Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro especial durante o armazenamento

RESUMO

O feijoeiro tem grande importância na alimentação humana, devido a sua qualidade nutricional, tornando-se necessário manter a qualidade dos grãos durante o armazenamento. Objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento dos grãos de feijoeiro especial em temperatura ambiente sobre as características qualitativas. Foram utilizados nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais: BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro vermelho e EPAMIG Ouro da mata, durante cinco períodos de armazenamento: recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias após o armazenamento, com exceção do teor de proteína bruta dos grãos que foram avaliados em três períodos (recém-colhido, 120 e 240 dias). Os grãos foram acondicionados em embalagens plásticas fechadas (15,5 x 12 cm), com 1,5 kg de grãos, utilizando-se quatro repetições por cultivar e armazenados em condição ambiente. Foram avaliados: umidade dos grãos, teor de proteína bruta, tempo de cocção, tempo de máxima hidratação, relação de hidratação, embebição antes do cozimento, expansão volumétrica e grãos inteiros após o cozimento. O período de armazenamento influenciou nos parâmetros avaliados em todas as cultivares utilizadas. Há redução das características tecnológicas dos grãos com o período de armazenamento, com exceção do teor de umidade, tempo de cocção e relação de hidratação. Os grãos armazenados a partir dos 120 dias aumentam o tempo de cocção e a relação de hidratação.

Palavras-chave: Segurança alimentar, *Phaseolus vulgaris* L., Temperatura ambiente

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é uma das leguminosas mais cultivadas e consumidas em todo o mundo (Kibar e Kibar, 2019). Seus grãos são ricos em carboidratos, minerais, ácidos graxos insaturados, fibra alimentar e vitaminas do complexo B (Silva et al.,

2013), constituindo um alimento importante para a nutrição humana, especialmente entre a população com baixa aquisição econômica (Siddiq e Uebersax, 2013).

O mercado dessa leguminosa caracteriza-se por grãos do grupo carioca (tegumento creme com estrias ou rajas marrom). O cultivo de feijoeiro pertencente a outros grupos comerciais, como os especiais com grãos de tegumento branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajas de outras cores, e com grãos de tamanho médio a grande (Blair et al., 2010), pode disponibilizar no mercado interno e externo um produto diferenciado e com maior valor agregado. A adoção destas cultivares pelos produtores requer adequação dos sistemas de produção e avaliações sobre a qualidade tecnológica, nutricional e culinária dos grãos (Alves et al., 2009) durante o armazenamento.

O armazenamento visa prolongar ao máximo a qualidade dos produtos ao longo de determinado tempo (Bragantini, 2005), podendo ser influenciado pela constituição genética, pelos fatores ambientais e pela interação dos genótipos com o ambiente (Vieira e Yokoyama, 2000). A umidade dos grãos, umidade relativa e a temperatura do ambiente são os principais fatores que interferem na deterioração dos grãos (Park et al., 2012), afetando diretamente a qualidade do produto destinado ao consumo durante o armazenamento.

O desenvolvimento de pesquisas para entender a interação de cultivares de feijoeiro com grãos especiais e o ambiente de armazenamento são importantes para inserir no mercado produtos com características nutricionais e culinárias satisfatórias. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento dos grãos de feijoeiro especial em temperatura ambiente sobre as suas características qualitativas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no laboratório de Agricultura na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Jaboticabal, São Paulo.

Os grãos utilizados foram provenientes do experimento realizado em campo, na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à UNESP de Jaboticabal, colhidas no mês de agosto de 2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação

chuvosa no verão e seca no inverno. Foram utilizados nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais: BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata. As informações sobre as características das cultivares se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Informações referentes às cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial. Jaboticabal, SP - 2018.

Cultivares	Instituição pertencente ⁽¹⁾	Hábito de crescimento	Ciclo (dias) ⁽²⁾	Descrição do tegumento
BRS Radiante	EMBRAPA	Tipo II	80	Rajado - tegumento creme com estrias ou rajas vermelhas
BRSMG Realce	EMBRAPA	Tipo I	67-75	Rajado - tegumento creme com estrias ou rajas vermelhas
BRS Pitanga	EMBRAPA	Tipo II	80-85	Roxo
BRSMG Tesouro	EMBRAPA	Tipo II	80-90	Roxo
BRS Marfim	EMBRAPA	Tipo II	85-90	Mulatinho - tegumento marrom claro
BRSMG União	EMBRAPA	Tipo III	77	Jalo - tegumento amarelo
IAC Tigre	IAC	Tipo II	85	Rajado - tegumento creme com pintas marrom claro
EPAMIG Ouro Vermelho	EPAMIG	Tipo II	80-90	Vermelho
EPAMIG Ouro da Mata	EPAMIG	Tipo II	85-90	Vermelho

⁽¹⁾ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). ⁽²⁾ De acordo com o boletim de lançamento pelos órgãos responsáveis pela cultivar.

A colheita das plantas procedeu-se de forma manual. Após a secagem ao sol, foi realizada trilha mecanizada e os grãos levados para o laboratório. O experimento foi instalado em outubro de 2018, acondicionando-se 1,5 kg dos grãos em embalagem

plástica hermeticamente fechada (15,5 x 12 cm), sob condições ambiente, em bancadas no Laboratório. As embalagens foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizados durante oito meses, utilizando-se quatro repetições por cultivar. O período de armazenamento foi de outubro de 2018 a junho de 2019. Foram avaliados os atributos qualitativos e nutricionais dos grãos durante cinco períodos (recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias após o armazenamento), com exceção do teor de proteína bruta dos grãos que foram avaliados em três períodos (recém-colhidos, 120 e 240 dias). Durante o armazenamento foram mensuradas as temperaturas máxima, mínima, média (°C) e a umidade relativa do ambiente (%), com auxílio do termo higrômetro da marca Cetec, modelo 7663.02.0.00, realizada três vezes na semana cujos valores encontram-se na Figura 1.

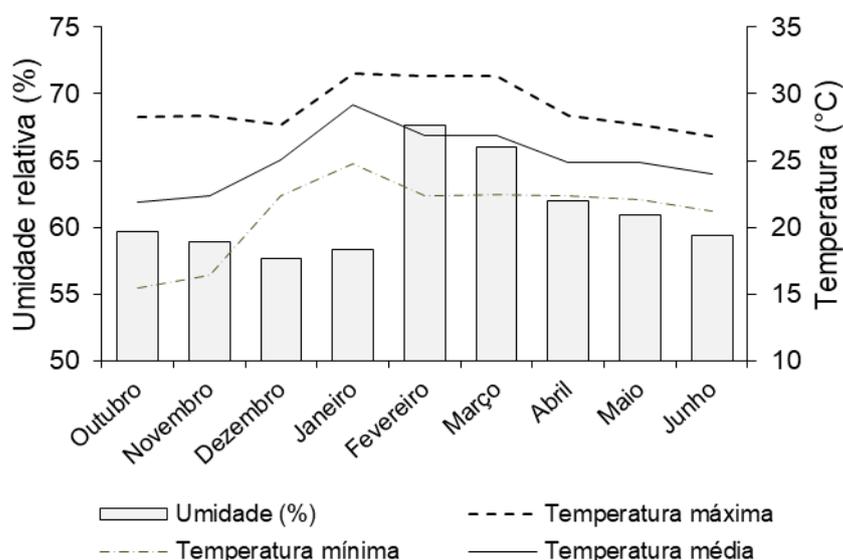


Figura 1. Temperaturas média, máxima, mínima e umidade relativa do ambiente mensuradas durante o período de armazenamento dos grãos de feijoeiro especial.

A umidade dos grãos foi mensurada utilizando-se o medidor de umidade G600 (Gehaka[®]), antes de cada período de avaliação. O teor de proteína bruta (%) foi obtido pelo teor de nitrogênio (N) contido nos grãos, o qual foi determinado por meio de digestão sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução clorídrico. Posteriormente foi realizado o cálculo: $PB = (N \text{ total} \times 6,25)$ onde, PB = teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) e N total = teor de N nos grãos.

O tempo de cocção foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson que consta basicamente de 25 estiletos verticais com peso de cada unidade de 90 gramas e ponta de 1 mm de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão se encontra cozido, a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1, ou seja, 13 estiletos foram deslocados. Para essa determinação, os grãos ficaram em hidratação em água deionizada por 16 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96 °C.

A capacidade de hidratação dos grãos foi determinada utilizando-se uma proveta graduada de 500 mL com precisão de 5 mL e copos de 250 mL. Cada copo recebeu uma amostra de 50 g de grãos previamente selecionados e depois 200 mL de água destilada. De duas em duas horas, durante um período de 16 horas, o volume de água não absorvido pelos grãos foi avaliado, vertendo-o do copo para a proveta graduada. No final das 16 horas de avaliação, o excesso de água foi drenado e os grãos foram pesados. A relação de hidratação (RH) foi determinada pela razão entre massa final e massa inicial de grãos.

A porcentagem de embebição antes do cozimento (EANC), foi obtido por meio do método descrito por Garcia-Vela e Stanley (1989) e Plhak et al. (1989). Para isso, foram amostrados aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram embebidos em 100 mL de água deionizada em bquer de 250 mL por 16 horas e mantidos à temperatura ambiente. Após esse período, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel toalha e em seguida pesados, obtendo-se a massa de grãos úmidos (MU) e a porcentagem de embebição, determinada pela fórmula: $EANC = [(MU - MS)/MS] \times 100$.

A expansão volumétrica dos grãos após cozimento (EV) foi obtida de acordo com adaptações no método proposto por Martin-Cabrejas et al. (1997). Após o cozimento, as amostras foram colocadas em uma proveta com capacidade para 500 mL, contendo 250 mL de água destilada, sendo medido o volume deslocado de água (VD) e a taxa de expansão volumétrica, determinada pela fórmula: $EV = (MS/VD)$, em $g\ m\ L^{-1}$.

Determinou-se a porcentagem de grãos inteiros após cozimento (GI) pela contabilização do número de grãos total (TG) e separação em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). A partir dessa contagem, calculou-se utilizando a fórmula: $PGI = [(TG - GP)/TG] \times 100$.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Foi realizada a análise de regressão para as cultivares no período de armazenamento com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de proteína bruta nos grãos diminuiu à medida que aumentou o período de armazenamento (Tabela 2), porém, no período recém-colhido, todas as cultivares encontraram-se com teor entre 20 a 25%, que, segundo Geil e Anderson (1994); Borém e Carneiro (2008) é a faixa determinada para as cultivares nacionais de feijoeiro comum. Aos 240 dias do armazenamento, a redução foi de 2,5%, o que evidencia perda na qualidade nutricional dos grãos quando armazenados em temperatura ambiente por tempo prolongado. Estudos realizados por Oliveira (2008) mostraram a ocorrência da queda dos teores de proteínas dos grãos durante o armazenamento, possivelmente relacionada à desaminação, reações de hidrólise, descarboxilação e complexação com outros componentes dos grãos.

Tabela 2. Teor de proteína bruta dos grãos de feijoeiro especial durante o período de armazenamento em temperatura ambiente.

Cultivares	Armazenamento (dias)		
	0	180	240
	Teor de proteína -----%-----		
BRS Radiante	22,0 Aa	20,4 Aa	19,2 Ab
BRSMG Realce	21,1 Aa	21,0 Aa	19,9 Aa
BRS Pitanga	20,2 Ba	19,1 Aa	19,1 Aa
BRSMG Tesouro	21,8 Aa	20,5 Aa	18,5 Ab
BRS Marfim	21,2 Aa	20,4 Aa	18,8 Ab
BRSMG União	20,6 Ba	19,9 Aa	19,2 Aa
IAC Tigre	20,8 Aa	17,9 Bb	17,5 Ab
EPAMIG Ouro Vermelho	22,7 Aa	20,8 Aa	17,3 Ab
EPAMIG Ouro da Mata	20,2 Ba	19,7 Ba	18,5 Aa
Média	21,1	19,9	18,6
Teste F	3,9**	6,2**	2,6*
CV (%)	5,5	-	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). * e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade

O feijoeiro é uma das fontes de proteína de origem vegetal mais acessível para grande parcela da população mundial, com baixo valor econômico quando comparado à proteína de origem animal. As cultivares de feijoeiro especial avaliados no presente estudo, podem representar uma alternativa para aumentar a qualidade proteica nas dietas alimentares da população.

Determinar a umidade dos grãos é um fator importante para garantir que as qualidades físicas, químicas, qualitativas e nutricionais dos grãos sejam preservadas durante o armazenamento (Tosin e Possami, 2002). Na Figura 2A e 2B encontram-se os teores de umidade dos grãos durante o armazenamento, em que se observa que houve um incremento para todas as cultivares durante todo o período de armazenamento.

A variação da umidade ocorre devido ao equilíbrio higroscópico dos grãos de feijão com o ambiente (Zucareli et al., 2015). Em países tropicais como o Brasil, é comum que o armazenamento do feijão ocorra em temperaturas entre 30 e 40 °C e umidade superior a 75%, sendo essas condições consideradas impróprias, podendo resultar em perdas qualitativas e quantitativas, contribuindo para sua depreciação nutricional e sensorial (Martin-Cabrejas et al., 1997; Nasar-Abbas et al., 2008; Vanier et al., 2014).

Apesar da variação da umidade dos grãos, as cultivares demonstraram comportamento similar ao longo do armazenamento, apresentando teor de água abaixo de 13%, que segundo Bragantini (2005), quando a umidade dos grãos se mantém abaixo deste valor, o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado. Ao armazenar grãos de feijoeiro comum Rani et al. (2013) obtiveram teor de umidade das sementes entre 12 a 14% considerando como mais adequado para manter a qualidade do feijão por períodos prolongados.

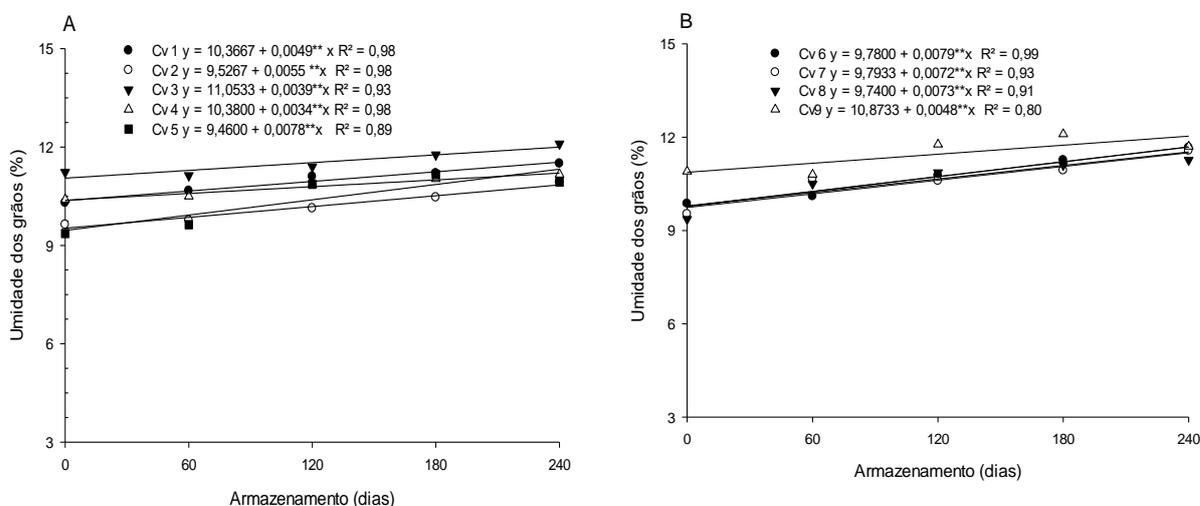
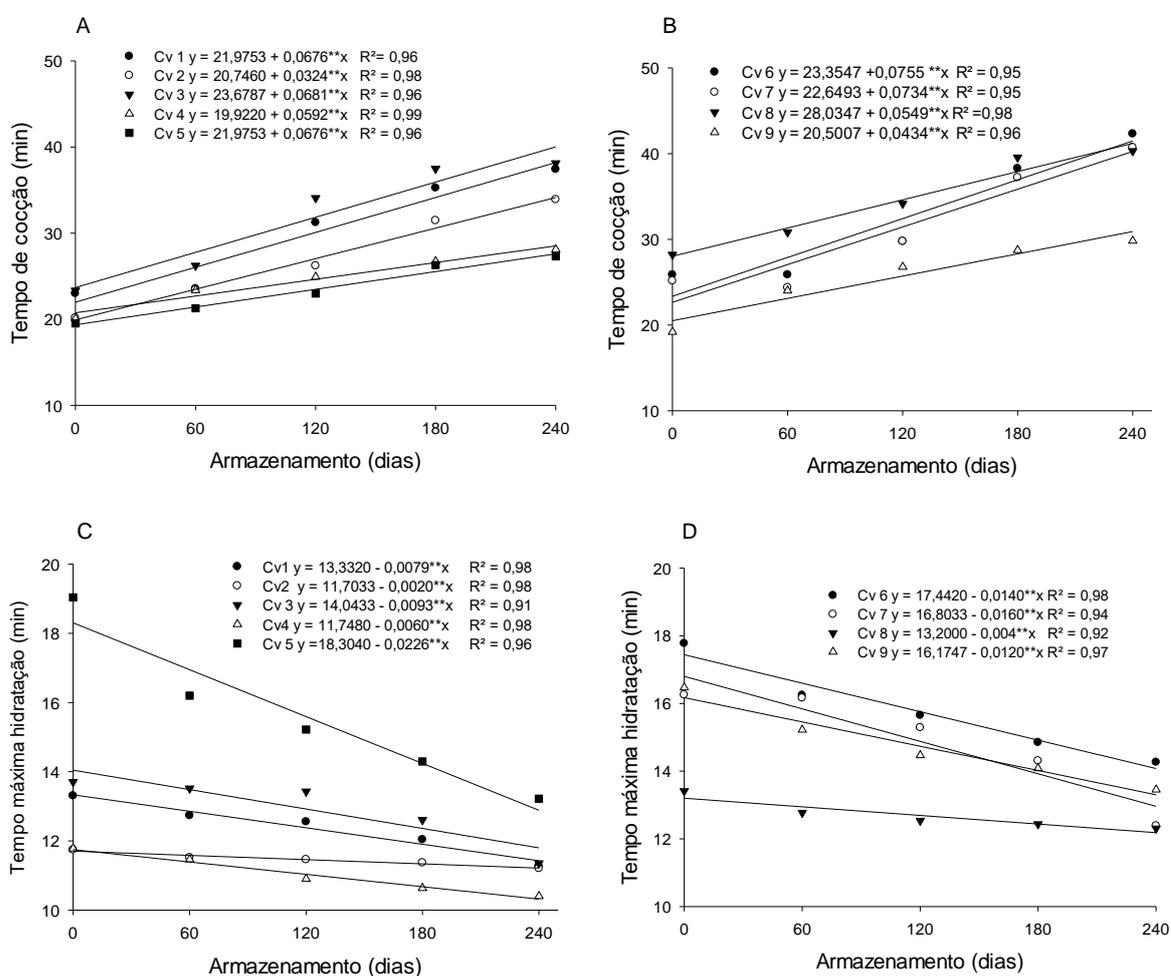


Figura 2. Umidade dos grãos de feijoeiro durante o período de armazenamento em temperatura ambiente. Jaboticabal, SP - 2018. Cv1= BRS Pitanga, Cv2= BRSMG Tesouro, Cv3= BRS Marfim, Cv4= EPAMIG Ouro Vermelho, Cv5= EPAMIG Ouro da Mata (A), Cv6= BRS Radiante, Cv7= BRSMG Realce, Cv8= BRSMG União e Cv9= IAC Tigre (B).

O tempo de cocção foi influenciado durante o armazenamento, com aumento para todas as cultivares (Figura 3A e 3B). Quando recém-colhida, a cultivar BRS Marfim necessitou de 23 minutos para cozinhar, enquanto que aos 240 dias de

armazenamento o tempo necessário para seu cozimento foi de 38 minutos, resultando em um aumento de 15 minutos (Figura 2A), sendo o maior aumento dentre as demais cultivares. De acordo com a classificação de Proctor e Watts (1987), grãos com cozimento variando entre 21 a 32 minutos são classificados com resistência normal à média; já os grãos com tempo superior a 37 minutos são considerados com nível de cozimento muito resistentes. Como observado nas Figuras 3A e 3B, a partir dos 120 dias de armazenamento os grãos foram classificados como resistentes a muito resistentes, acarretando maior consumo de gás e tempo para o preparo do feijão pelos consumidores.



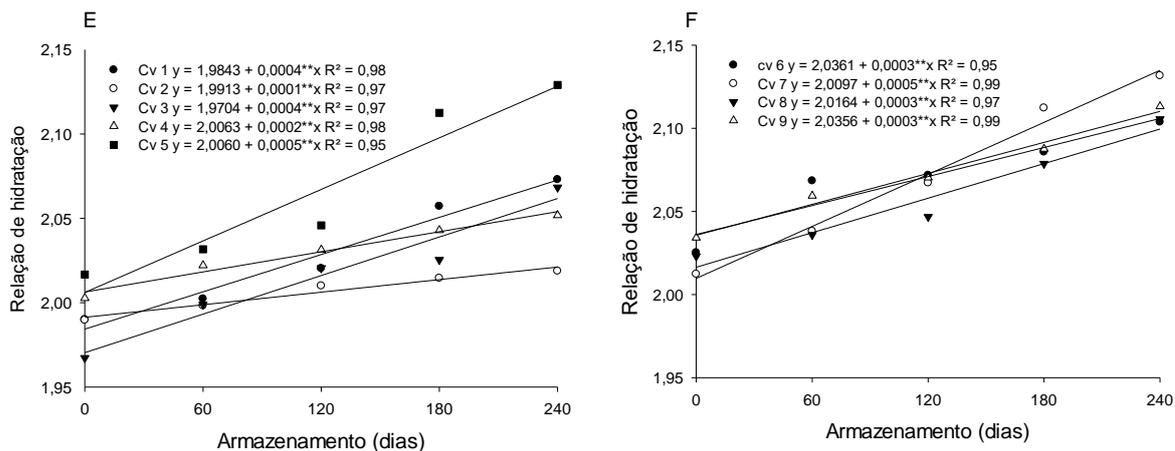


Figura 3. Tempo de cocção (A e B), tempo de máxima hidratação (C e D) e relação de hidratação (E e F) dos grãos em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro com grãos especiais. Cv1= BRS Pitanga, Cv2= BRSMG Tesouro, Cv3= BRS Marfim, Cv4= EPAMIG Ouro Vermelho, Cv5= EPAMIG Ouro da Mata, Cv6= BRS Radiante, Cv7= BRSMG Realce, Cv8= BRSMG União e Cv9= IAC Tigre.

A diminuição da capacidade de penetração da água nos grãos pode ser devido aos efeitos de impermeabilidade do tegumento à água, causando uma hidratação mais lenta durante o cozimento (Morais et al., 2010), provocando os fenômenos *hardshell* e *hard-to-cook*, resultando no aumento no tempo de cocção (Bertoldo et al., 2009). Outro fator que pode ocasionar o aumento do tempo de cozimento é o endurecimento dos cotilédones dos grãos que se deve a modificações na aderência entre as células, tornando os grãos mais resistentes ao amaciamento na cocção, resultando em alterações da textura e palatabilidade (Batista et al. 2010).

A hidratação dos grãos foi mais rápida com o decorrer do período de armazenamento (Figura 3C e 3D), possivelmente devido à degradação das membranas dos grãos, facilitando a penetração de água, como se observa nas Figuras 3E e 3F. O aumento da relação de hidratação dos grãos com o decorrer do período de armazenamento, ficando próxima de 2,0, indicam que os grãos de feijão foram capazes de absorver em massa de água aproximadamente o equivalente às suas massas iniciais, apresentando boa capacidade de absorver água, como relatados em trabalhos com feijoeiro com grãos tipo carioca (Farinelli e Lemos 2010; Mingotte et al., 2013; Flôres et al., 2017).

A EANC diminuiu durante o período de armazenamento (Figuras 4A e 4B). As cultivares com maiores EANC não foram as mesmas cultivares que apresentaram o menor tempo de cocção dos grãos (Figuras 3A e 3B). Nem sempre a maior capacidade dos grãos hidratarem indica menor tempo de cocção (Carbonell et al., 2003). Possivelmente as diferentes respostas obtidas são em decorrência de fatores ambientais, genéticos e da interação entre genótipo e ambiente (Perina, 2008).

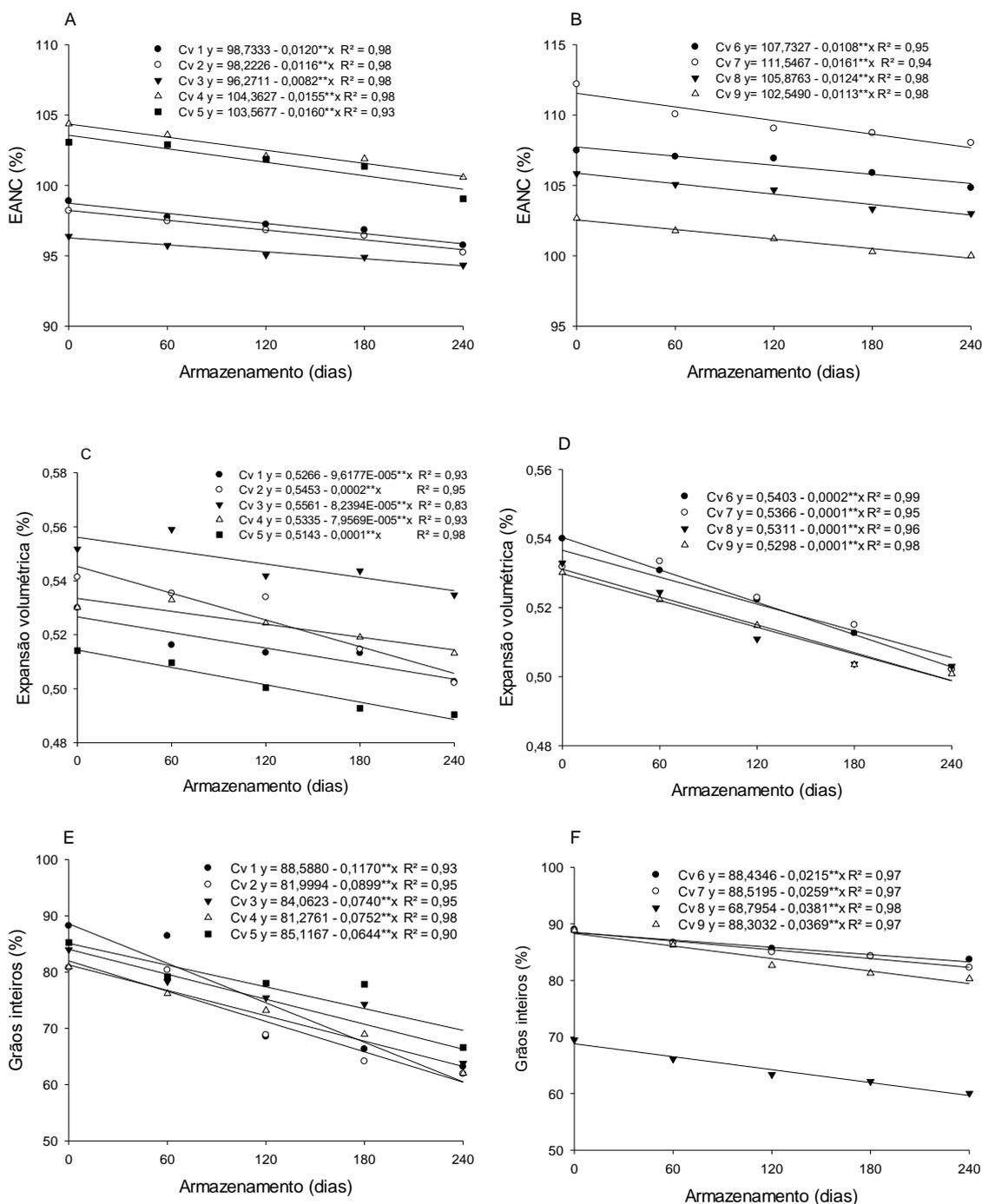


Figura 4. Embebição antes do cozimento (A e B), expansão volumétrica (C e D) e grãos inteiros após o cozimento (E e F) em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro comum com grãos especial. Cv1= BRS Pitanga, Cv2= BRSMG Tesouro, Cv3= BRS Marfim, Cv4= EPAMIG Ouro Vermelho, Cv5= EPAMIG Ouro da Mata, Cv6= BRS Radiante, Cv7= BRSMG Realce, Cv8= BRSMG União e Cv9= IAC Tigre.

A expansão volumétrica dos grãos (Figura 4C e 4D) após o cozimento diminuiu com o decorrer do período de armazenamento. Essa variável é expressa pela difusão de água no interior dos grãos após o cozimento. Essa característica permite caracterizar o rendimento de panela dos grãos, que se caracteriza pelo aumento do volume após o cozimento, característica desejável pelo consumidor (Carbonell et al., 2003; Perina et al., 2010).

Houve uma redução da quantidade de grãos inteiros após o cozimento (Figura 4E e 4F) com o decorrer do período de armazenamento para todas as cultivares, destacando-se os grãos da cultivar BRSMG União, nos quais foi obtido menor porcentagem (70%) mesmo quando recém-colhidos. Essa característica é pouco estudada nos feijoeiros, mas de grande importância para o processo de industrialização, pois garantem alto rendimento e os consumidores preferem grãos moderadamente rachados após o cozimento, mas não totalmente partidos, o que auxilia na formação de caldo mais espesso (Perina et al., 2010; Perina et al., 2014).

CONCLUSÕES

O período de armazenamento influenciou nos parâmetros avaliados em todas as cultivares utilizadas.

Há redução das características tecnológicas dos grãos para teor de proteína bruta, tempo de cocção, embebição antes do cozimento, expansão volumétrica e grãos inteiros após o cozimento com o período de armazenamento, com exceção do teor de umidade e relação de hidratação.

Os grãos armazenados aumentam o tempo de cocção e a relação de hidratação com o decorrer do armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001 pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

Alves AF, Andrade MJB, Rodrigues JRM, Vieira NMB (2009) Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia** 33:1495-1502.

Batista KA, Prudêncio SH, Fernandes KF (2010) Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Internacional Journal of Food Science Technology**. 45:794-799.

Bertoldo JG, Coimbra JLM, Guidolin AF, Rocha F (2009) Tempo de cocção de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas**, 22:39-47.

Borém A, Carneiro JES (2008) A Cultura In: Vieira C, Paula Junior TJ, Borém A (Eds.). **Feijão**. 2ª edição atualizada e ampliada. Viçosa: UFV, p.13-18.

Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, 121:237-248.

Bragantini, C (2005) **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 28p.

Carbonell SAM, Carvalho CRL, Pereira VR (2003) Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, 62:369- 379.

Farinelli R, Lemos LB (2010) Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia** 69:165-172.

Ferreira DF (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38:109-112.

Flôres JA, Amaral CA, Pinto CC, Mingotte FLC, Lemos LB (2017) Agronomic and qualitative traits of common bean as a function of the straw and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:195-201.

Garcia-Vela LA, Stanley DW (1989) Water holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science** 54:1080-1081.

Geil PB, Anderson JW (1994) Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition** 3:549-558.

Kibar H, Kibar B (2019) Changes in some nutritional, bioactive and morpho-physiological properties of common bean depending on cold storage and seed moisture content. **Journal of Stored Products Research** 84:101531.

Martin-Cabrejas MA, Esteban RM, Perez P, Maina G, Waldron KW (1997) Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45:3223-3227.

Mingotte FLC, Guarnieri CCDO, Farinelli R, Lemos LB (2013) Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. **Bioscience Journal**, 29:1101-1110.

Morais PPP, Valentini G, Guidolin AF, Baldissera JNC, Meirelles JLC (2010) Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, 41:593-598.

Nasar-Abbas SM, Pummer JÁ, Diddique KHM, Write P, Harris D, Dods K (2008) Cooking quality of fababean after storage at high temperature and the role lignins and other phenolics in bean hardening. LWT. **Food Science and Technology**, 41:1260-1267.

Oliveira, M (2008) **Temperatura de secagem e condições de armazenamento sobre propriedades da soja para consumo e produção de biodiesel**. 140p. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

Park CE, Kim YS, Park KJ, Kim BK (2012) Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, 48:25-29.

Perina EF (2008) **Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cultivados em diferentes ambientes**. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas – SP.

Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Lopes RLT, Gonçalves JGR, Carbonell SAM (2014) Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, 73:14-22.

Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Carbonell SAM (2010) Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, 34:398-406.

Plhak LC, Caldwell KB, Stanley DW (1989) Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.326-336.

Proctor JR, Watts BM (1987) Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, 20:9-14.

Rani PR, Chelladurai V, Jayas DS, White NDG, Kavitha-Abirami CV (2013) Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **Journal of Stored Products Research**, 52:78-85.

Siddiq M, Uebersax MA (2013) **Dry beans and pulses: Production, Processing and Nutrition**. Ames: John Wiley & Sons, p. 55-74.

Silva MO, Brigide P, Canniatti-Brazaca SG (2013) Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentos e Nutrição**, 24:339-346.

Tosin JC, Possamai E (2002) Qualidade de sementes de soja armazenadas em distintas condições de temperatura e umidades relativas do ar. **Scientia Agrária**, 3:113-132.

Vanier NL, Rupollo G, Paraginski RT, Oliveira M, Elias MC (2014). Effects of nitrogen-modified atmosphere storage on physical, chemical and technological properties of Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, 20:10-20.

Vieira EHN, Yokoyama M (2000) Colheita, processamento e armazenamento. In: Vieira EHN, Rava CA. **As sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.233-248.

Zucareli C, Brzezinski CR, Abati J, Werner F, Ramos Júnior EU, Nakagawa J (2015). Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:803-809.

4.2 Efeito do armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro especial para exportação

RESUMO

Durante o armazenamento em temperatura ambiente os grãos do feijoeiro sofrem várias mudanças tecnológicas e nutricionais que interferem diretamente na sua qualidade. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento dos grãos em temperatura ambiente sobre as características qualitativas das cultivares de feijoeiros com grãos especiais tipo exportação. Foram utilizadas cinco cultivares de feijoeiro: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça e cinco período de armazenamento: recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias após o armazenamento. Os grãos foram acondicionados em embalagens plásticas fechadas (15,5 x 12 cm), com 1,5 kg de grãos, utilizando-se quatro repetições por cultivar, armazenados sob condições ambiente. Foram avaliados teor de proteína bruta, umidade dos grãos, tempo de cocção, tempo de máxima hidratação, expansão antes do cozimento, grãos inteiros após o cozimento e a expansão volumétrica. As cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais para exportação apresentam perda das características qualitativas dos grãos com o prolongamento do tempo de armazenamento. O tempo de cocção dos grãos aumentou a partir dos 120 dias após o armazenamento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., condições do ambiente, qualidade de grãos

INTRODUÇÃO

O feijão é um constituinte importante na dieta alimentar, sendo uma fonte de proteínas, aminoácidos, carboidratos, ferro, vitaminas, minerais e fibra (Farinelli e Lemos, 2010), podendo ser cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical (Oliveira et al., 2011).

Essa leguminosa apresenta uma ampla diversidade nos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e às cores. No mercado brasileiro, esta diversidade é bem evidente. Contudo, a preferência é predominante

sobre o grão do tipo carioca (Silva et al., 2012), o qual não possui boa aceitação no mercado externo (Conab, 2017). Assim, os feijões especiais com tegumentos com diferentes colorações (branco, vermelho, creme, amarelo, entre outros), e com grãos de tamanho médio a grande (Blair et al., 2010), tornam-se uma alternativa para a diversificação do cultivo e o aumento da renda pelos agricultores devido a oportunidade de exportação.

Os grãos de feijão não toleram armazenamento por período de tempo prolongado, pois este proporciona o aumento no tempo de cocção, diminuindo a aceitação para o consumo (Brackmann et al., 2002). Quando o armazenamento é feito em condições inadequadas, sob alta temperatura (30 - 40 °C) e alta umidade relativa (> 75%), condições comuns em países tropicais como o Brasil, há perda gradual da qualidade (Nasar-Abbas et al., 2008; Oliveira et al., 2014), pois mesmo após a colheita, a respiração e outros processos metabólicos dos grãos continuam ativos.

Considerando que o feijão é um produto básico na alimentação da população brasileira, apreciado pelas várias classes da população e a carência de informações técnicas e pesquisas sobre as características dos grãos de feijoeiro especial, objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento dos grãos em temperatura ambiente sobre as características qualitativas das cultivares de feijoeiros com grãos especiais para exportação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Agricultura pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Jaboticabal, SP.

Os grãos utilizados foram provenientes do experimento realizado em campo na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à UNESP de Jaboticabal, colhidas no mês de agosto de 2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Foram utilizados cinco cultivares de feijoeiro com grãos especiais para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS

Embaixador e IPR Garça. As informações sobre as características das cultivares encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Informações referentes às cultivares de feijoeiro comum com grãos tipo especial para exportação. Jaboticabal, SP - 2018.

Cultivares	Instituição Pertencente ⁽¹⁾	Hábito de crescimento	Ciclo (dias) ⁽²⁾	Descrição do Tegumento
BRS Ártico	EMBRAPA	Tipo I	75-84	Branco Rajado- tegumento creme com estrias ou rajas vermelhas
BRS Executivo	EMBRAPA	Tipo II	85-95	Tegumento vermelho com estrias ou rajas creme
BRS FS 305	EMBRAPA	Tipo II	75-84	Vermelho escuro
BRS Embaixador	EMBRAPA	Tipo I	75-84	Branco
IPR Garça	IAPAR	Tipo I	67	Branco

⁽¹⁾ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). ⁽²⁾ De acordo com o boletim de lançamento pelos órgãos responsáveis pela cultivar.

A colheita das plantas procedeu-se de forma manual. Após a secagem ao sol, foi realizada trilha mecanizada e os grãos levados para o laboratório. O experimento foi instalado em outubro de 2018, acondicionando 1,5 kg dos grãos em embalagem plástica hermeticamente fechada (15,5 x 12 cm), mantidos sob condições ambiente, em bancadas no laboratório. As embalagens foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, durante oito meses (outubro a junho de 2019), utilizando-se quatro repetições por cultivar. Avaliaram-se os atributos qualitativos e nutricionais

dos grãos durante cinco períodos (recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias após o armazenamento, com exceção do teor de proteína bruta dos grãos que foram avaliados em três períodos (recém-colhido, 120 e aos 240 dias). Durante o armazenamento foram mensuradas as temperaturas máxima, mínima, média (°C) e a umidade relativa do ambiente (%), com auxílio do termo higrômetro da marca Cetec, modelo 7663.02.0.00, realizada três vezes na semana cujos valores encontram-se na Figura 1.

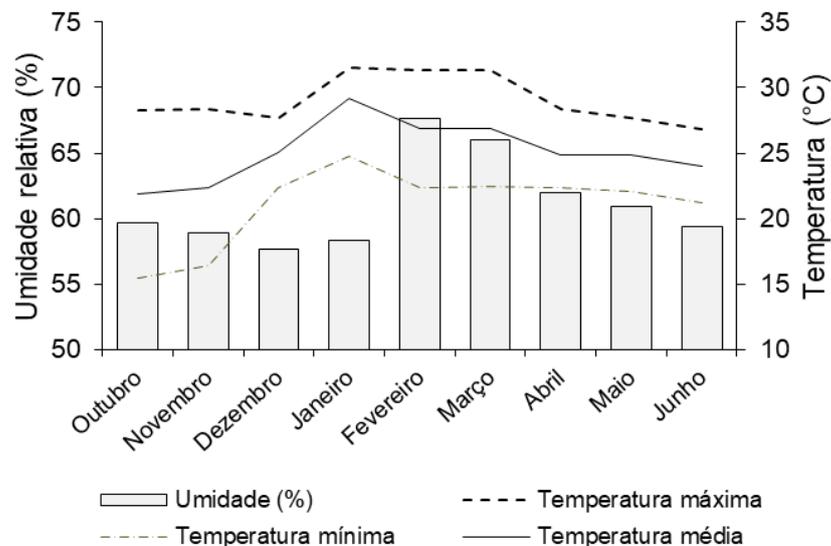


Figura 1. Temperaturas média, máxima, mínima e umidade relativa do ambiente mensuradas durante o período de armazenamento dos grãos de feijoeiro especial.

O teor de umidade dos grãos (%) foi mensurado utilizando o medidor de umidade G600 (Gehaka®) antes de cada período de avaliação. O teor de proteína bruta (%) foi obtido pelo teor de nitrogênio (N) contido nos grãos, o qual foi determinado por meio de digestão sulfúrica, destilação em meio fortemente alcalino e titulação com solução de ácido clorídrico. Posteriormente foi realizado o cálculo: $PB = (N \text{ total} \times 6,25)$ onde, $PB =$ teor de proteína bruta nos grãos (g kg^{-1}) e $N \text{ total} =$ teor de N nos grãos.

O tempo de cocção foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson que consta basicamente de 25 estiletes verticais com peso de cada unidade de 90 gramas e ponta de 1 mm de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão se encontra cozido a ponta penetra-o deslocando o

estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1, ou seja, 13 estiletos foram deslocados. Para essa determinação, os grãos ficaram em hidratação em água deionizada por 16 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96 °C.

A capacidade de hidratação dos grãos foi determinada utilizando-se uma proveta graduada de 500 mL com precisão de 5 mL e copos de 250 mL. Cada copo recebeu uma amostra de 50 g de grãos previamente selecionados e depois 200 mL de água destilada. De duas em duas horas, durante um período de 16 horas, o volume de água não absorvido pelos grãos foi avaliado, vertendo-o do copo para a proveta graduada. No final das 16 horas de avaliação, o excesso de água foi drenado e os grãos foram pesados.

A porcentagem de embebição antes do cozimento (EANC), foi obtida por meio do método descrito por Garcia-Vela e Stanley (1989) e Plhak et al. (1989). Para isso, foram amostrados aproximadamente 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram embebidos em 100 mL de água deionizada em bquer de 250 mL por 16 horas e mantidos à temperatura ambiente. Após esse período, os grãos foram retirados e rapidamente secos com papel toalha e em seguida pesados, obtendo-se a massa de grãos úmidos (MU) e a porcentagem de embebição, determinada pela fórmula: $EANC = [(MU - MS)/MS] \times 100$.

Determinou-se a porcentagem de grãos inteiros após cozimento (PGI) pela contabilização do número de grãos total (TG) e separação em duas porções: inteiros (GI) e partidos (GP). A partir dessa contagem, calculou-se utilizando a fórmula: $PGI = [(TG - GP)/TG] \times 100$.

Determinou-se a expansão volumétrica dos grãos após cozimento (EV) de acordo com adaptações no método proposto por Martin-Cabrejas et al. (1997). Após o cozimento, as amostras foram colocadas em uma proveta com capacidade para 500 mL, contendo 250 mL de água destilada e medido o volume deslocado de água (VD) e a expansão volumétrica dos grãos, determinada pela fórmula: $EV = (MS/VD) \times 100$.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de Scot-Knott. Foi realizada a análise de regressão

polinomial para as cultivares no período de armazenamento com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o decorrer do tempo de armazenamento, nota-se a redução do teor de proteína bruta dos grãos (Tabela 2). Para Geil e Anderson (1994); Borém e Carneiro (2008), a faixa de proteína nos grãos de feijoeiro para as cultivares nacionais varia entre 20 a 25%. Verificou-se que as cultivares BRS FS 305 e BRS Embaixador apresentaram teores de proteína inferiores, de 19,1 e 19,5%, respectivamente, mesmo quando recém-colhidos. Ao final do armazenamento, a cultivar BRS Executivo foi a que se manteve dentro das faixas estabelecidas pelos autores citados anteriormente, com 20% de proteína bruta nos grãos.

Tabela 2. Teor de proteína bruta durante o período de armazenamento em temperatura ambiente dos grãos de feijoeiro especial tipo exportação.

Cultivares	Armazenamento (dias)		
	0	120	240
	Teor de proteína -----%-----		
BRS Ártico	22,4 Aa	20,2 Ab	19,6 Ac
BRS Executivo	22,4 Aa	21,6 Ab	20,0 Ac
BRS FS 305	19,1 Ca	18,6 Bb	18,3 Bb
BRS Embaixador	19,5 Ca	19,0 Ba	18,0 Bb
IPR Garça	20,2 Ba	19,6 Bb	17,3 Bc
Média	20,7	19,8	18,6
CV (%)	4,4	-	-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott - Knott ($p < 0,05$).

A perda de proteína dos grãos foi de 10,1% ao final do período de armazenamento, podendo-se afirmar que armazenar grãos de feijoeiro em temperaturas e umidade relativa não controlada proporciona a perda da qualidade nutricional dos grãos. Esse resultado é importante, tendo em vista que parte significativa da população brasileira e mundial dispõe de poucos recursos para incluir

proteínas de origem animal diariamente na sua alimentação, e os grãos de feijoeiro se tornam uma alternativa para aumentar a qualidade proteica das dietas (Oliveira et al., 2011).

Durante o período de armazenamento observou-se um aumento na umidade dos grãos para todas as cultivares (Figura 2A). Esse incremento provavelmente pode ter ocorrido pela umidade relativa presente no ambiente de armazenamento dos grãos, ficando entre 60 - 70% (Figura 1) e pela troca de umidade entre o ambiente e os grãos de feijoeiro.

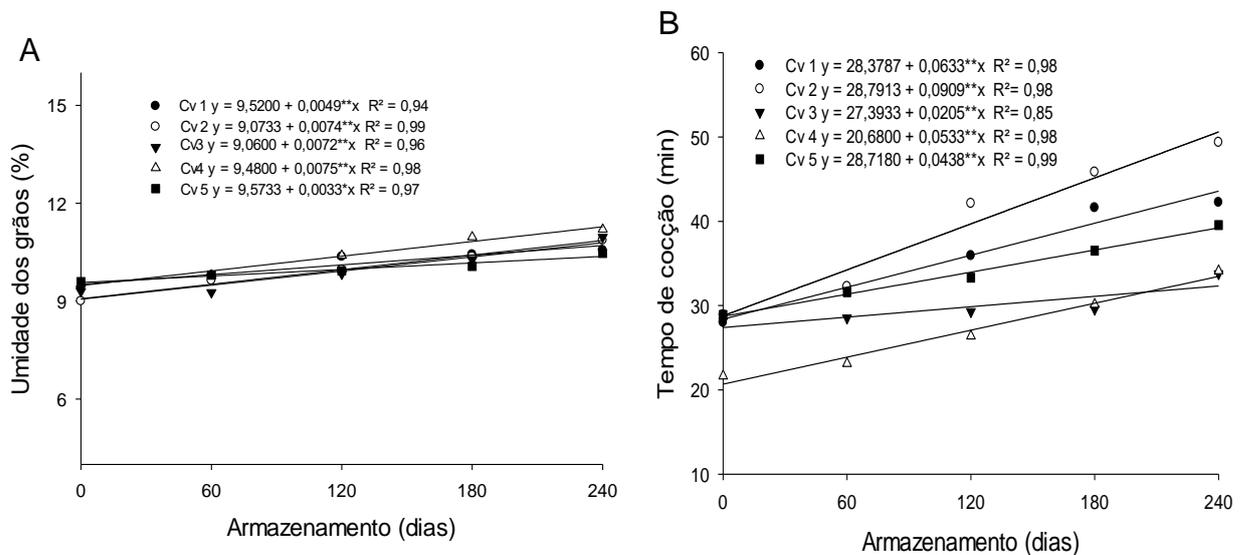


Figura 2. Umidade (A) e tempo de cocção (B) dos grãos em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro com grãos especiais para exportação. Cv1= BRS Ártico, Cv2= BRS Executivo, Cv3= BRS FS 305, Cv4= BRS Embaixador e Cv5= IPR Garça.

Na Figura 2B, nota-se que o tempo de cocção aumentou linearmente independente da cultivar. Com exceção das cultivares BRS FS 305 e BRS Embaixador, as demais apresentaram tempo de cocção superior a 30 minutos a partir dos 60 dias de armazenamento. A cultivar BRS Executivo foi a que apresentou maior tempo de cocção durante todos os períodos de avaliação. De acordo com os resultados obtidos a partir dos 60 dias de armazenamentos dos grãos, adotando-se a escala proposta por Proctor e Watts (1987), esses grãos são classificados com nível de resistência média a resistente ao cozimento, diminuindo a aceitação pelo consumidor devido ao maior tempo de cocção para obter a textura de amaciamento adequada, fazendo com que o valor nutricional seja reduzido (Ávila et al., 2015).

Condições de altas temperaturas e umidade relativa durante o armazenamento provocam o endurecimento e resistência ao cozimento dos grãos devido ao fenômeno denominado *hard-to-cook* ou “difícil de cozinhar” (Bragantini, 2005; Coelho et al., 2013; Betancur-Ancona, 2014). Esse fenômeno provoca nos cotilédones e dentro das células alterações químicas e físicas que resultam no aumento da estabilidade da lamela média (Ruiz-Ruiz et al., 2012). O *hardshell* provoca a impermeabilidade do tegumento dificultando a absorção de água (Bertoldo et al., 2009) e esse defeito causa insolubilização de proteínas e perda dos conteúdos intracelulares para a água de embebição, diminuindo a qualidade dos grãos (Barbosa, 2010), provavelmente estes foram os efeitos que ocorreram durante o armazenamento que ocasionaram aumento no tempo de cocção.

O aumento no tempo de cocção dos grãos é esperado quando são submetidos a prolongado tempo de armazenamento em temperatura não controlada, ocorrendo à deterioração dos grãos, interferindo diretamente na qualidade por mudanças no sabor, escurecimento do tegumento dos grãos em algumas cultivares e o aumento no grau de dureza (Reyes-moreno e Paredes-Lopez, 1993; Ribeiro et al., 2007).

O tempo para máxima hidratação dos grãos diminuiu durante o período de armazenamento, ou seja, os grãos apresentaram desempenhos satisfatórios para obterem a completa absorção de água (Figura 3A). A Instrução Normativa nº 25 de 23/05/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, considera padrão o tempo de 16 horas de hidratação dos grãos em água destilada. A determinação desta variável é relevante, pois, na culinária nacional, os grãos de feijão são deixados em maceração em água à temperatura ambiente antes do preparo, e esta prática faz com que se reduza o tempo gasto para o cozimento dos grãos (Terra et al., 2019), reduzindo os gastos com gás para o cozimento.

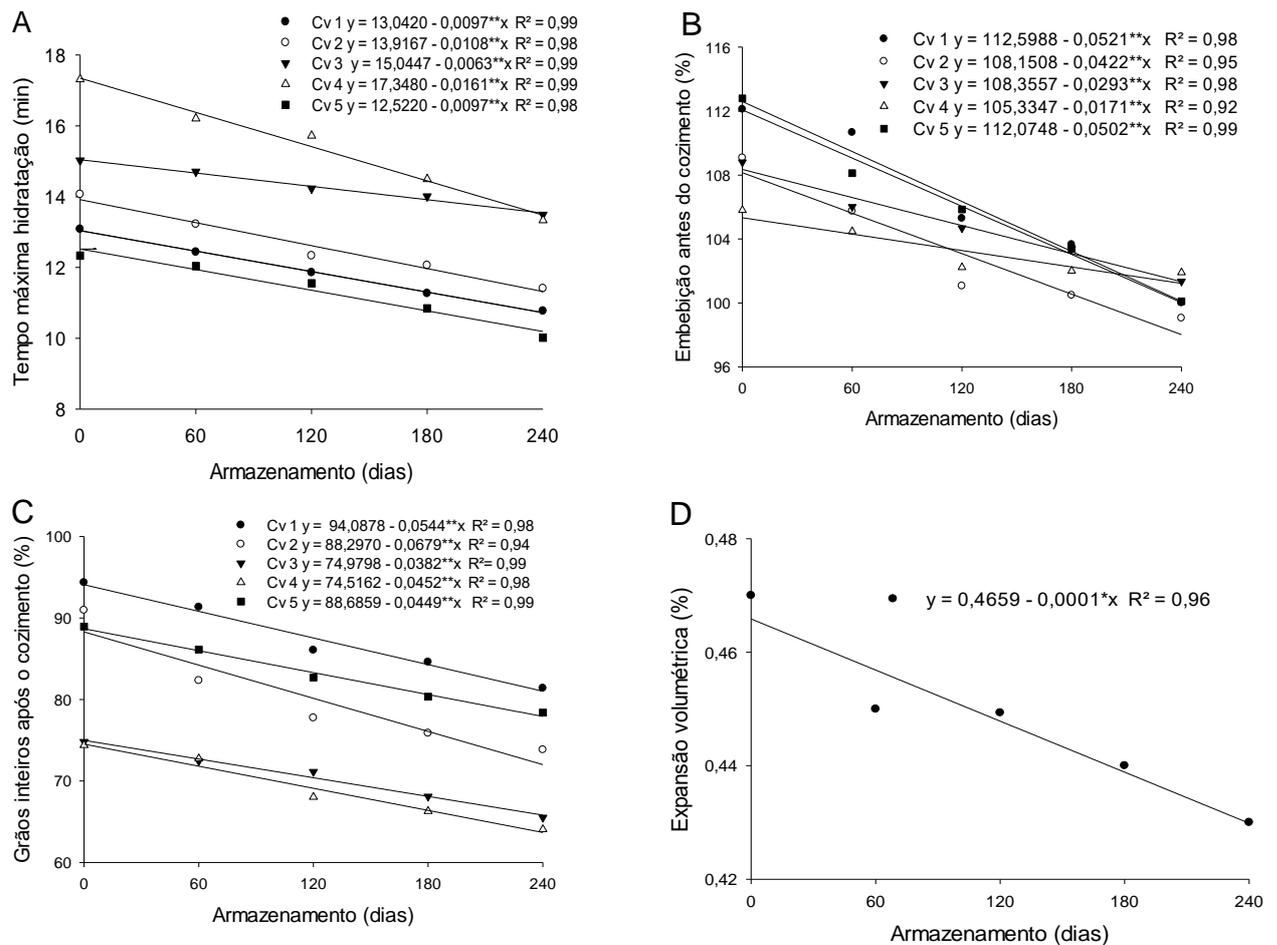


Figura 3. Tempo de máxima hidratação (A), embebição antes do cozimento (B), grãos inteiros após o cozimento (C) e expansão volumétrica (D) dos grãos em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro com grãos especiais para exportação. Cv1= BRS Ártico, Cv2= BRS Executivo, Cv3= BRS FS 305, Cv4= BRS Embaixador e Cv5= IPR Garça.

A embebição dos grãos antes do cozimento e a quantidade de grãos inteiros após o cozimento diminuíram com o aumento do período de armazenamento, independente da cultivar (Figura 3B e 3C). A embebição antes de cozinhar é uma característica importante para expressar o rendimento dos grãos após o cozimento. A menor embebição antes do cozimento pode se correlacionar com o maior tempo de cocção (Figura 2B), que segundo Stanley e Aguilera (1985), ocorre devido a impermeabilidade do tegumento, resultando em lenta hidratação durante o cozimento.

A redução na quantidade de grãos inteiros após o cozimento é uma característica que prejudica a qualidade culinária dos grãos. Essa característica é pouco estudada nos feijoeiros em geral, mas de grande importância para a indústria e

restaurantes, pois consumidores têm preferência por grãos moderadamente rachados após o cozimento, mas não totalmente partidos, auxiliando na formação de caldo mais espesso (Perina et al., 2010; Perina et al., 2014).

A expansão volumétrica dos grãos após o cozimento também reduziu ao longo do período de armazenamento (Figura 3D). Essa variável tem como característica expressar a difusão de água no interior dos grãos (Resende e Corrêa, 2007), desse modo como houve redução na embebição antes do cozimento (Figura 3B), provavelmente influenciou a expansão dos grãos.

CONCLUSÕES

As cultivares de feijoeiro comum com grãos especiais para exportação apresentam perda das características qualitativas dos grãos com o prolongamento do tempo de armazenamento.

O tempo de cocção dos grãos aumentou a partir dos 120 dias após o armazenamento dos grãos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

Ávila BP, Santos MS, Nicoletti AM, Alves GD, Elias MC, Monks J, Gularte MA (2015) Impact of different salts in soaking water on the cooking time, texture and physical parameters of cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, 70:463-469.

Barbosa, DRS (2010) **Efeitos da radiação microondas nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *Callosobruchus maculatus* (fabr, 1775) (Coleoptera: Bruchidae) visando seu controle em feijão-caupi**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí. Teresina, 89p.

Betancur-Ancona D, Sosa-Espinoza T, Ruiz-Ruiz J, Segura-Campos M, Chel-Guerrero L (2014) Enzymatic hydrolysis of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

protein concentrates and its effects on biological and functional properties. **International Journal of Food Science and Technology**, 49:2-8.

Bertoldo JG, Coimbra JLM, Guidolin AF, Rocha F (2009) Tempo de cocção de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas**, 22:39-47.

Brackmann A, Neuwald DA, Ribeiro ND, Freitas STD (2002) Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, 32:911-915.

Bragantini, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28p.

Borém A, Carneiro JES (2008) A cultura IN: Vieira C, Paula Junior TJ, Borém A. (EDS.). **Feijão**. 2a edição atualizada e ampliada. Viçosa: UFV, p.13-18.

Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, 121:237-248.

Coelho SRM, Prudencio SH, Christ D, Sampaio SC, Schoeninger V (2013) Physical-chemical properties of common beans under natural and accelerated storage conditions. **Ciencia e Investigación Agraria**, 40:637-644.

Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2017). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < 72 http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

Farinelli R, Lemos LB (2010) Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia** 69:165-172.

Ferreira DF (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38:109-112.

Garcia-Vela LA, Stanley DW (1989). Water holding capacity in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, 54:1080-1081.

Geil PB, Anderson JW (1994). Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, 13:549-558.

Martin-Cabrejas MA, Esteban RM, Perez P, Maina G, Waldron KW (1997). Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45:3223-3227.

Nasar-Abbas SM, Pummer JA, Siddique KHM, White P, Harris D, Dods K (2008) Cooking quality of fababeans after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT. Food Science and Technology**, 41:1260-1267.

Oliveira VR, Ribeiro ND, Maziero SM, Cargnelutti Filho A, Jost E (2011) Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, 41:746-752.

Oliveira DM, Bischoff TZ, Silochi RMQ, Schoeninger V, Coelho SEM (2014) Considerações acerca da produção e qualidade de grãos de feijão. **Journal of Agronomic Sciences**, 3:16-22.

Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Lopes RLT, Gonçalves JGR, Carbonell SAM (2014). Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, 73:14-22.

Perina EF, Carvalho CRL, Chiorato AF, Carbonell SAM (2010). Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da "performance" genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, 34:398-406.

Proctor JR, Watts BM (1987). Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, 20:9-14.

Plhak LC, Caldwell KB, Stanley DW (1989) Comparison of methods used to characterize water imbibition in hard-to-cook beans. **Journal of Food Science**, 54: 326-336.

Resende O, Corrêa PC, Faroni LRDA, Cecon PR (2008) Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, 32:517-524.

Reyes-Moreno C, Paredes-Lopez O (1993) Hard to cook phenomenon in common beans: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 33:227-286.

Ribeiro ND, Rodrigues JÁ, Cargnelutti Filho A, Poersch NL, Trentin M, Rosa SS (2007) Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, 66:157-163.

Ruiz-Ruiz JC, Ortíz GD, Chel-Guerrero LA, Betancur-Ancona DA (2012) Wet fractionation of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds and characterization of protein, starch and fibre fractions. **Food and Bioprocess Technology**, 5:1531-1540.

Silva CA, Abreu ADFB, Ramalho MAP, Maia LGS (2012) Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 12:132-137.

Stanley DW, Aguilera JM (1985) A review of textural defects in cooked reconstituted legumes – the influence of structure and composition. **Journal of Food Biochemistry**, 9:277-290.

Terra FSÁ, Coelho AP, Bettiol JVT, Farinelli R, Lemos LB (2019) Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno. **Revista de la Facultad de Agronomía**, 118:1-7.

CAPÍTULO 5 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

5.1 Qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro especial sob armazenamento

RESUMO

O feijoeiro é uma espécie de grande importância mundial e a qualidade fisiológica das sementes é um fator indispensável para garantir bom vigor das plantas no campo. Objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento em temperatura ambiente sob as características fisiológicas das sementes de feijoeiro com grãos especiais. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Agricultura pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Jaboticabal. Foram utilizadas nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais: BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata, distribuídas em delineamento em blocos casualizados, armazenadas durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019), utilizando-se quatro repetições por cultivar. Foram avaliadas as características fisiológicas de sementes e morfológicas de plântulas ao longo do armazenamento. Todas as variáveis foram influenciadas com o decorrer do período de armazenamento das sementes. A partir dos 120 dias há comprometimento do vigor das sementes de feijão para todas as cultivares. O armazenamento em temperatura não controlada provoca a deterioração das sementes de forma mais rápida, prejudicando as características morfológicas das plântulas.

Palavras-chave: Aspectos fisiológicos, *Phaseolus vulgaris* L., qualidade de sementes

INTRODUÇÃO

O feijoeiro com grãos do tipo carioca é o mais comercializado no mercado brasileiro, entretanto, a adoção de novas cultivares poderá representar opções de renda para os agricultores, com possibilidade de comercializar um produto diferenciado, agregando valor e aumentando a sua renda (Alves et al., 2009). Para a diversificação do cultivo e diminuição das oscilações de preço no mercado, uma

alternativa seria a introdução de cultivares de feijoeiro com grãos especiais, que são caracterizadas por possuírem tegumento branco, creme, amarelo, vermelho, entre outros, com ausência ou presença de estrias ou rajadas de outras cores (Blair et al., 2010). Porém, a introdução dessas cultivares demanda utilização de sementes com potencial fisiológico elevado e um manejo adequado da cultura (Binotti et al., 2008), no entanto se tem pouca disponibilidade dessas informações na literatura com feijões tipo especial.

A semente é o insumo de maior significância no contexto de produtividade e para que esta seja considerada de alta qualidade deve apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas (França Neto et al., 2010) para que as plantas possam expressar todo o seu potencial e elevar o rendimento final da cultura. Entender o comportamento das sementes diante das prováveis condições climáticas que ocorrem durante o armazenamento em ambiente não controlado, podem auxiliar na tomada de decisão sobre o armazenamento do produto com base na relação custo-benefício, decorrente de possíveis perdas de qualidade fisiológica no armazenamento (Smaniotto et al., 2014).

A qualidade fisiológica está relacionada à capacidade da semente desempenhar suas funções vitais, caracterizando-se pela longevidade, germinação e vigor. Portanto, os efeitos sobre a qualidade, geralmente, são traduzidos pelo decréscimo na porcentagem de germinação, aumento de plântulas anormais e redução do vigor das plântulas (Toledo et al., 2009). Após a colheita, esses processos são acelerados devido à deterioração das estruturas das sementes, mas podem ser retardados dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (Cardoso et al., 2012). Dentre os fatores que afetam a qualidade durante o armazenamento estão a temperatura e o teor de água da semente (Smaniotto et al., 2014).

O armazenamento deve ser conduzido de maneira a reduzir ao máximo as reações bioquímicas que provocam a perda da qualidade fisiológica das sementes (Villa e Roa, 1979). Geralmente, as sementes de feijoeiro são armazenadas em condições ambientais não controladas, o que influencia na longevidade (Vieira e Yokoyama, 2000). Mas pouco se sabe a respeito da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro com grãos especiais quando armazenadas. Diante do exposto

objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento em temperatura ambiente sob as características fisiológicas de sementes de feijoeiro com grãos especiais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), com as coordenadas geográficas 21°14'50" S, 48°17'5" W), com altitude média de 595 m, em Jaboticabal, SP. As sementes utilizadas foram produzidas durante a safra de outono-inverno na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente a UNESP - Jaboticabal com semeio em maio e colheita em agosto de 2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw - tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Foram utilizadas nove cultivares de feijoeiro com grãos especiais: BRS Radiante, BRSMG Realce, BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, BRS Marfim, BRSMG União, IAC Tigre, EPAMIG Ouro Vermelho e EPAMIG Ouro da Mata.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura do feijoeiro. A colheita das plantas procedeu-se de forma manual no estágio de maturação fisiológica, e em seguidas levadas para um galpão ventilado onde foram feita a separação das vagens das plantas, e o beneficiamento e a homogeneização das sementes, as quais foram acondicionadas em embalagens de papel. Após 40 dias da colheita, os grãos/sementes foram acondicionadas em embalagem plástica fechada (15,5 x 12 cm) e armazenadas sob condição ambiente em bancadas no laboratório durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019), distribuídas em blocos casualizados, utilizando-se quatro repetições por cultivar. Durante o armazenamento foram mensuradas as temperaturas máxima, mínima, média (°C) e a umidade relativa do ambiente (%), com auxílio do termo higrômetro da marca Cetec, modelo 7663.02.0.00, realizada três vezes na semana cujos valores encontram-se na Figura 1.

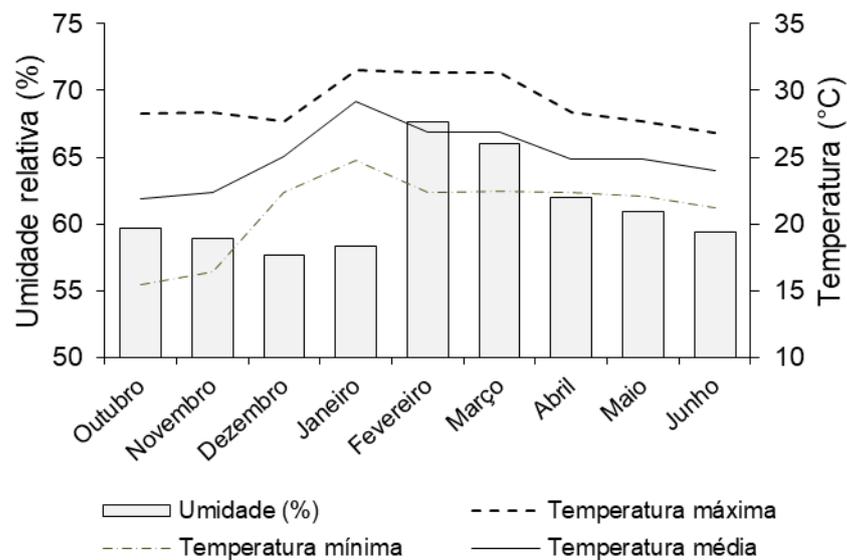


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima, média e umidade relativa do ambiente mensuradas durante o período de armazenamento das sementes de feijoeiro especial. Jaboticabal-SP, 2018.

Foram avaliados durante o armazenamento os atributos qualitativos dos grãos/ sementes em três períodos (recém-colhido, 120 e 240 dias após o armazenamento), com exceção da condutividade elétrica que foi avaliada durante cinco períodos (recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias). Foram realizadas as seguintes avaliações:

Teor de água (%): determinado em estufa regulada a 105 ± 3 °C, durante 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Germinação (%): realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram semeadas a três centímetros de profundidade em caixas plásticas (26 x 16 x 9 cm) contendo areia peneirada, esterilizada e umedecida com água destilada. As caixas foram mantidas em condições laboratoriais, sob temperatura ambiente não controlada e a avaliação foi realizada no quinto e nono dia após a instalação do teste (Brasil, 2009).

Valor da primeira contagem de germinação (%): realizada juntamente com o teste de germinação e constou do registro da porcentagem de plântulas normais, verificada no quinto dia após a instalação do teste (Nakagawa, 1999).

Índice de velocidade de emergência: realizado em conjunto com o teste de germinação, calculando-se o índice segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), como segue:

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

IVE – Índice de velocidade de emergência;

N1, N2,..Nn – número de plântulas germinadas a 1, 2 e n dias após a montagem do teste;

D1, D2,, Dn – número de dias após a instalação do teste.

As contagens foram realizadas no quinto e nono dia após a instalação do teste de germinação.

Conductividade elétrica: o método utilizado foi o de condutividade de massa com duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 100 sementes por tratamento. Após a obtenção da massa de cada amostra em balança digital com precisão de 0,01 g, as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada e a seguir foram levadas a uma câmara de germinação sob temperatura constante de 25 °C, durante 24 h (Marcos Filho et al., 1999). Ao final deste período, foi determinada a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes mediante o uso de um condutímetro de bancada digital, modelo CD-820[®]. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

Altura de plântulas (cm): realizado em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Após nove dias da emergência das plântulas, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas com auxílio de uma régua.

Diâmetro do hipocótilo: obedecendo ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Avaliada ao nono dias após a emergência, medindo as partes das plântulas normais emergidas com auxílio de um paquímetro digital.

Massa seca da parte aérea (mg pl^{-1}): foram avaliadas 10 plântulas normais, obtidas a partir da medição da altura e do diâmetro do hipocótilo, excluindo destas os cotilédones. As repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas, e levadas à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 65 °C, até atingirem massa constante (Nakagawa, 1999). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g.

Massa seca radicular (mg pl^{-1}): realizada em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento da massa seca da parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Foi realizada a análise de regressão para a condutividade elétrica das cultivares no período de armazenamento com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o armazenamento das sementes ocorreram variações de temperatura e umidade relativa, devido ao armazenamento em condição ambiente não controlada (Figura 1). Porém, as oscilações não influenciaram o teor de água das sementes, situando-se entre 10 a 11%, sendo o recomendado para o armazenamento (Tabela 1) por (Bragantini, 2005). O mesmo autor relata que ao manter a umidade das sementes abaixo de 13%, o processo respiratório se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade do produto armazenado. Este fato refletiu nas variáveis presentes na Tabela 1, que não sofreram influência significativa durante o armazenamento, corroborando com o trabalho de Smaniotto et al. (2014) que observaram que ao avaliar o armazenamento de sementes de soja em diferentes temperaturas, o teor de água inicial de 12% (b.u.) ocorreu uma pequena redução da germinação a partir dos 60 dias, permanecendo praticamente constante até os 180 dias do armazenamento.

Tabela 1. Valores de F e médias para teor de água (TA), germinação (Ger), primeira contagem (PC) e índice de velocidade de emergência (IVE) das cultivares de feijoeiro com sementes especiais durante o armazenamento em temperatura ambiente. Jaboticabal-SP, 2018.

	TA	Ger	PC	IVE
Cultivar (C)	%	%	---	---
BRS Radiante	10,5 b	76,8 b	77,5 b	11,1
BRSMG Realce	10,5 b	75,3 b	76,6 b	11,4
BRS Pitanga	10,3 b	89,0 a	91,2 a	13,5
BRSMG Tesouro	11,0 a	88,8 a	89,3 a	13,7
BRS Marfim	11,0 a	86,3 a	91,2 a	13,1
BRSMG União	10,8 b	80,5 a	85,6 a	12,1
IAC Tigre	10,6 b	83,0 a	88,4 a	12,4
EPAMIG Ouro Vermelho	11,4 a	89,0 a	88,2 a	13,6
EPAMIG Ouro da Mata	10,8 b	85,8 a	85,5 a	13,1
Armazenamento (A)				
0	10,5	90,1 a	93,4 a	13,7
120	10,8	81,0 b	84,0 b	12,4
240	11,0	80,3 b	80,4 b	11,9
CV (%)	5,1	10,0	10,3	11,1
Teste F				
C	11,7 ^{**}	254,4 ^{**}	285,7 ^{**}	4,1 ^{**}
A	7,7 ^{ns}	1401,4 ^{**}	1201,9 ^{**}	12,1 ^{**}
C x A	0,19 ^{ns}	79,8 ^{ns}	106,2 ^{ns}	2,5 ^{**}
Média geral	10,8	83,8	85,7	12,7

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). ^{**} Significativo a 1% de probabilidade, ^{ns} = Não significativo.

As cultivares BRS Radiante e BRSMG Realce foram as que apresentaram menor percentual germinativo, com 75,3 e 76,8%, respectivamente (Tabela 1). Provavelmente essas cultivares são mais sensíveis às oscilações de temperatura e

umidade relativa do ambiente de armazenamento, ocasionando redução do potencial fisiológico das sementes (Forti et al., 2010; Chaves et al., 2012).

Os valores de germinação diminuíram durante o armazenamento, porém, na média geral, se mantiveram dentro dos padrões mínimos de 80% (Tabela 1), que é aceitável para comercialização de sementes (Mapa, 2013). Durante oito meses de armazenamento em temperatura ambiente, Santos et al. (2005) constataram que os valores de germinação reduziram, porém se mantiveram dentro dos padrões aceitáveis de 80% para feijoeiro comum. Esse método é aplicado e recomendado para determinação do potencial fisiológico das sementes e seus resultados são utilizados para comparar a qualidade fisiológica de lotes, determinar a taxa de semeadura e servir como parâmetro de comercialização de sementes (Marcos Filho, 2005; Coimbra et al., 2007).

Na primeira contagem de germinação, com exceção das cultivares BRS Radiante e BRSMG Realce, as demais cultivares obtiveram valores superiores a 85%. Com o decorrer do período de armazenamento, essa variável foi influenciada negativamente, porém, situando-se acima de 80% ao final do armazenamento (Tabela 1). Provavelmente com as oscilações da temperatura e umidade relativa do ambiente (Figura 1), podem ter ocorrido maiores taxas respiratórias, ocasionando aumento no consumo de reservas das sementes durante a respiração, acelerando a velocidade de deterioração e influenciando o vigor das sementes (Oliveira-Bento et al., 2015). Essa variável é considerada um dos testes de vigor de sementes, e com os resultados obtidos pode-se observar que as cultivares com maiores valores germinaram mais rapidamente do que as demais, podendo ser consideradas como mais vigorosas de acordo com o teste (Nakagawa, 1999).

O desdobramento da interação entre cultivares x armazenamento para o índice de velocidade de emergência é apresentado na Tabela 2. No início do armazenamento, as cultivares não apresentaram diferenças significativas, porém com o decorrer do armazenamento, houve uma redução na velocidade de emergência, com exceção das cultivares BRS Pitanga, BRSMG Tesouro, EPAMIG Ouro vermelho e EPAMIG Ouro da Mata, nas quais não se observou redução significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre cultivares de feijoeiro com sementes especiais e o armazenamento das sementes para índice de velocidade de emergência (IVE).

Cultivares	Armazenamento		
	0	120	240
	IVE		

BRS Radiante	13,1 Aa	11,9 Ab	9,3 Bc
BRSMG Realce	12,9 Aa	11,3 Ba	9,0 Bb
BRS Pitanga	14,5 Aa	13,2 Aa	12,8 Aa
BRSMG Tesouro	14,0 Aa	13,8 Aa	13,1 Aa
BRS Marfim	14,4 Aa	12,8 Ab	12,0 Bb
BRSMG União	14,2 Aa	11,8 Ab	10,1 Bb
IAC Tigre	14,3 Aa	13,0 Aa	9,9 Bb
EPAMIG Ouro Vermelho	14,3 Aa	13,3 Aa	13,1 Aa
EPAMIG Ouro da Mata	14,6 Aa	13,0 Aa	11,5 Ba
Média	14,0	12,8	11,2
Teste F	2,18 ^{ns}	11,6 ^{**}	4,4 ^{**}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).^{**} Significativo a 1% de probabilidade. ^{ns}= Não significativo.

A velocidade de emergência é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas no campo, tendo em vista que plântulas com maior índice de velocidade de emergência possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir às mudanças climáticas que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (Nakagawa, 1999; Dan et al., 2010). De acordo com Schuch (1999), a redução no nível de vigor aumenta o tempo de crescimento das raízes primárias, e com isso aumenta a desuniformidade de germinação. Essa diminuição no vigor da semente

relaciona-se com o aumento da condutividade elétrica (Figura 2). No trabalho desenvolvido por Ullmann et al. (2010), verificou-se que o aumento da condutividade elétrica proporcionou decréscimo na porcentagem de germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*).

A condutividade elétrica foi crescente ao longo do armazenamento (Figura 2), provocando diminuição no vigor das sementes em todas as cultivares devido à liberação de grandes quantidades de íons lixiviados para a solução. A redução da germinação e do índice de velocidade de emergência confirmam a diminuição no vigor das sementes ao longo do período de armazenamento (Tabela 1).

A liberação de solutos na solução é considerada um dos primeiros eventos do processo deteriorativo das sementes, caracterizado pela desestruturação do sistema de membranas celulares, que determina prejuízos à capacidade de retenção de solutos (Santos et al., 2005), provocando a redução do vigor das sementes. Independente do ambiente de armazenamento, os processos bioquímicos da semente continuam ativos, o que faz com que a lixiviação de exsudatos continue aumentando ao longo do tempo (Chaves et al., 2012). A temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento, quando não controlados, proporcionam maior atividade fisiológica, resultando no processo de deterioração das sementes de forma mais rápida (Silva et al. 2011). Como se observa na Figura 1, os atributos climáticos sofreram oscilações durante o período de armazenamento, o que pode ter interferido na aceleração da deterioração das sementes.

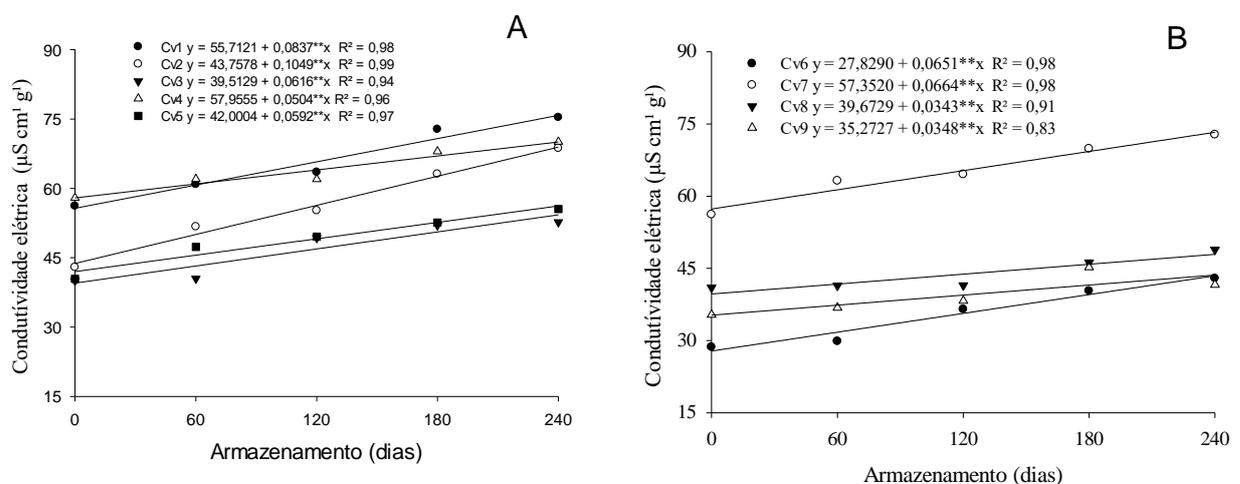


Figura 2. Condutividade elétrica das sementes em função do período de armazenamento em temperatura ambiente. Cv1 = BRS Pitanga, Cv2 = BRSMG Tesouro, Cv3 = BRS Marfim, EPAMIG Ouro vermelho, EPAMIG Ouro

da mata (A), Cv6 = BRS Radiante, Cv7 = BRSMG Realce, Cv8 = BRSMG União e CV9 = IAC Tigre (B).

O efeito do aumento da condutividade elétrica da solução sobre o vigor das sementes de feijão foram constatadas por Toledo et al. (2009); Silva et al. (2014); Zucareli et al. (2015). A partir dos dados obtidos no presente trabalho, constatou-se que o teste de condutividade elétrica foi eficiente para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de feijoeiro durante o armazenamento. De acordo com Vieira et al. (2002), o teor de água da semente pode comprometer o resultado deste teste e, como pode-se observar na Tabela 1, os valores não interferiram nessa variável devido a pequena variação ocorrida durante o período de armazenamento.

Altura de plântula e a massa seca radicular foram influenciadas pela interação cultivares e os períodos de armazenamento (Tabela 3). O diâmetro do hipocótilo e o acúmulo de massa seca da parte aérea diminuíram, o que evidencia efeito negativo do armazenamento prolongado sobre a expressão do vigor das sementes, corroborando com os resultados obtidos na germinação (Tabela 1). Quanto maior o valor do diâmetro do hipocótilo melhor será a taxa de sobrevivência da planta no campo, pois segundo Almeida et al. (2005), é um indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese. O maior acúmulo de massa seca da parte aérea proporciona uma plântula mais resistente às mudanças climáticas e danos físicos no campo.

Tabela 3. Valores de F e médias para altura de plântula (AP), diâmetro do hipocótilo (DH), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca radicular (MSR) de cultivares de feijoeiro com sementes especiais durante o armazenamento em temperatura ambiente.

Cultivar (C)	AP	DH	MSPA	MSR
	--cm--	--mm--	--mg planta ⁻¹ --	
BRS Radiante	20,7	2,8 a	118,3 a	308,7
BRSMG Realce	18,0	3,0 a	116,8 a	452,0
BRS Pitanga	20,4	2,0 b	60,6 c	202,6
BRSMG Tesouro	21,1	2,0 b	76,2 c	238,1
BRS Marfim	21,0	2,2 b	71,1 c	366,1
BRSMG União	19,5	2,8 a	115,1 a	412,1
IAC Tigre	19,7	2,7 a	118,2 a	432,8
EPAMIG Ouro Vermelho	22,0	2,2 b	99,5 b	280,2
EPAMIG Ouro da Mata	22,4	2,2 b	94,0 b	260,8
Armazenamento (A)				
0	22,5	2,6 a	114,9 a	710,4
120	21,0	2,4 b	97,7 b	227,2
240	18,2	2,3 b	77,3 c	46,8
CV (%)	9,2	12,0	19,8	37,8
Teste F				
C	16,15 ^{**}	1,52 ^{**}	4582,9 ^{**}	74080,1 ^{**}
A	126,23 ^{**}	0,53 ^{**}	9562,4 ^{**}	3178260,9 ^{**}
C x A	8,76 ^{**}	0,14 ^{ns}	343,6 ^{ns}	49341,2 ^{**}
Média geral	20,5	2,5	96,6	328,1

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($P < 0,05$). ^{**}Significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}= Não significativo.

O desdobramento da interação cultivar x armazenamento proporcionou decréscimo na altura de plântulas e no acúmulo de massa seca radicular. As plântulas recém-colhidas não apresentaram diferenças significativas para a altura, porém a partir dos 120 dias a altura decaiu até o final do armazenamento (Tabela 4).

O efeito do armazenamento prolongado provocou significativa perda de massa seca radicular das plântulas para todas as cultivares. Quando recém-colhidas, a média foi de 695,5 mg plântula⁻¹ e aos 240 dias após o armazenamento de 46,7 mg plântula⁻¹, uma redução de 648,8 mg plântula⁻¹. Provavelmente esse efeito pode estar

relacionado com a perda de vigor das sementes. Segundo Corte et al. (2006), sementes com maior potencial fisiológico dispõem de maior conteúdo de reserva, havendo possivelmente uma maior translocação de compostos energéticos dos cotilédones para outros órgãos refletindo assim, no aumento do sistema radicular, altura de plântulas e biomassa da parte aérea da plântula.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre cultivares de feijoeiro com sementes especiais e o armazenamento das sementes para altura de plântulas (AP) e massa seca radicular (MSR).

Cultivar	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	AP ---cm---			MSR ---mg plântula ⁻¹ ---		
BRS Radiante	23,3 Aa	21,0 Aa	18,0 Bb	573,6 Ba	293,0 Ab	59,6 Ac
BRSMG Realce	22,6 Aa	17,0 Bb	14,3 Bb	956,3Aa	216,3 Ab	49,3 Ac
BRS Pitanga	23,3 Aa	19,3 Bb	18,6 Ab	438,6 Ba	144,6 Ab	24,6 Ac
BRSMG Tesouro	21,6 Aa	21,0 Aa	20,6 Aa	502,3 Ba	184,3 Ab	27,6 Ac
BRS Marfim	23,3 Aa	22,3 Aa	17,3 Bb	872,6 Aa	197,3 Ab	28,3 Ac
BRSMG União	21,0 Aa	20,0 Ba	17,6 Bb	830,3 Aa	356,3 Ab	59,6 Ac
IAC Tigre	22,6 Aa	21,0 Aa	15,6 Bb	952,3 Aa	277,6 Ab	68,6 Ac
EPAMIG Ouro Vermelho	23,3 Aa	22,6 Aa	20,0 Aa	611,0 Aa	172,3 Ab	57,3 Ac
EPAMIG Ouro da Mata	23,0 Aa	21,6 Ab	21,0 Ab	522,3 Ba	214,3 Ab	46,0 Ac
Média	22,6	20,6	18,1	695,5	228,4	46,7
Teste F	3,0 ^{ns}	14,1 ^{**}	16,5 ^{**}	159251,8 ^{**}	12714,1 ^{ns}	796,5 ^{ns}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$). ** Significativo a 1% de probabilidade. ^{ns} = Não significativo.

Esses resultados concordam com os obtidos por Nakagawa (1994), segundo o qual, durante a germinação, as sementes vigorosas proporcionam maior transferência de massa seca de seus tecidos de reserva para o eixo embrionário, originando plântulas com maior massa, em razão do maior acúmulo de matéria. Observa-se que o armazenamento das sementes do feijoeiro em temperatura ambiente provocou

perda no vigor das plântulas com o decorrer do tempo de armazenamento, fato que mostra a necessidade de trabalhos futuros em diferentes ambientes e temperaturas a fim de estabelecer qual o ambiente proporciona a conservação das características fisiológicas das sementes ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

A partir dos 120 dias há comprometimento do vigor das sementes de feijão para todas as cultivares testadas.

O armazenamento em temperatura não controlada provoca a deterioração das sementes de forma mais rápida, prejudicando as características morfológicas das plântulas.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

Ao Laboratório de Melhoramento Florestal desta instituição pelo auxílio nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

Almeida LS, Maia N, Ortega AR, Angelo AC (2005) Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro, submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, 15:323-329.

Alves AF, Andrade MJB, Rodrigues JRM, Vieira NMB (2009) Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotecnologia**, 33:1495-1502.

Binotti FFS, Haga KI, Cardoso ED, Alves CZ, Sá ME, Arf O (2008) Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, 30:247-254.

Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, 121:237-248.

Bragantini C (2005) **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 28p.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Brasil (2009). **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395 p.

Cardoso RB, Binotti FFS, Cardoso ED (2012) Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 42:272-278.

Coimbra RA, Martins CC, Tomaz CA, Nakagawa J (2009) Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (*sh2*). **Ciência Rural**, 39:2402-2408.

Corte VB, Borges EEDL, Pontes CA, Leite ITDA, Ventrella MC, Mathias ADA (2006) Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, 30:941-949.

Chaves TH, Resende O, Siqueira VC, Ullmann R (2012) Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, 33:1653-1662.

Dan LGM, Dan HÁ, Barroso ALL, Braccini AL (2010) Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, 32:131-139.

Ferreira DF (2014) Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38:109-112.

Forti VA, Cicero SM, Pinto TLF (2010) Avaliação da evolução de danos por 'umidade' e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, 32:123- 133.

França Neto JB, Krzyzanowski FC, Henning AA (2010) A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, 20:37-38.

Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, 2:176-177.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2013) Instrução Normativa Nº 45, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - **Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.)**. http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstruçãoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx. Acesso: 16 Março 2020.

Marcos Filho J (1999) Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França-Neto, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.3.1-3.24.

Nakagawa J (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24.

Nakagawa J (1994) Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira RD, Carvalho NM. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-85.

Oliveira-Bento SRS, Torres SB, Bento DAV, Silva BKA, Dantas FJC, Melo VC (2015) Armazenamento de sementes de flor-de-seda [*Calotropis procera* (AITON) W.T. AITON]. **Revista Caatinga**, 28:39-47.

Santos CMR, Menezes NL, Villela FA (2005) Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, 27:104-114.

Silva DG, Carvalho MLMD, Nery MC, Oliveira LMD, Caldeira CM (2011) Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento de sementes de *Tabebuia serratifolia*. **Cerne**, 17:1- 7.

Silva M, Souza HRT, David HMSS, Santos LM, Silva RF, Amaro HTR (2014) Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agroambiente**, 8:97-103.

Schuch LOB, Nedel JL, Assis FN, Maia MS (1999) Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, 21:229-234.

Smaniotto, TAS, Resende O, Marçal KAF, Oliveira DEC, Simon GA (2014) Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18:446-453.

Toledo MZ, Fonseca NR, César ML, Soratto RP, Cavariani C, Crusciol CAC (2009) Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 39:124-133.

Ullmann R, Resende O, Sales JF, Chaves TH (2010) Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem artificial. **Revista Ciência Agrônômica**, 41:442-447.

Vieira EHN, Yokoyama M (2000) Colheita, processamento e armazenamento. In: Vieira EHN, Rava CA. **Sementes de feijão-produção e tecnologia**. EMBRAPA Arroz e Feijão, p.233-248.

Vieira RD, Penariol AL, Perecin D, Panobianco M (2002) Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1333-1338.

Villa LG, Roa G (1979) **Secagem e armazenamento da soja industrial e sementes a granel**. Campinas: Fundação Cargill, 64p.

Zucareli C, Brzezinski CR, Abati J, Werner F, Ramos Júnior EU, Nakagawa J (2015) Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:803–809.

5.2 Efeito do armazenamento sob a qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro especial tipo exportação

RESUMO

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é importante para proporcionar um rendimento da cultura e possibilitar aumento na produtividade. Objetivou-se avaliar as características fisiológicas das sementes de feijoeiro com grãos especiais para exportação durante o armazenamento prolongado em temperatura não controlada. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Agricultura pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Jaboticabal. Foram utilizadas cinco cultivares de feijoeiro com grãos especiais para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça, distribuídas em delineamento inteiramente casualizados durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019), utilizando-se quatro repetições por cultivar. Foram avaliadas as características fisiológicas de sementes e morfológicas de plântulas ao longo do armazenamento. Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas com o decorrer do período de armazenamento das sementes. Quando armazenadas em temperaturas não controladas, as características fisiológicas das sementes são afetadas de forma mais severa para todas as cultivares. A partir dos 120 dias de armazenamento as sementes diminuem significativamente o poder germinativo e o vigor.

Palavras chave: conservação, poder germinativo, *Phaseolus vulgaris* L., vigor

INTRODUÇÃO

O feijoeiro é um dos grãos mais produzido no Brasil, desempenhando importante papel nutricional e socioeconômico, principalmente para as populações de baixo poder aquisitivo (Leite et al., 2009). Seus grãos possuem alto teor proteico, o que o torna uma das principais fontes de proteína da dieta alimentar da população (Zucarelli et al., 2015).

A semente é um dos insumos de maior significância para o alcance de altas produtividades agrícolas. A qualidade da semente, caracterizada pelos atributos genético, físico, sanitário e fisiológico, é fundamental no processo de produção de qualquer espécie vegetal multiplicada por sementes (Gomes Júnior e Sá, 2010).

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica é fundamental para o estabelecimento adequado da lavoura (Silva et al., 2018), a fim de assegurar uma população adequada de plantas mesmo sob variações climáticas encontradas durante o estabelecimento da cultura, e possibilitar aumento na produtividade (Tekrony e Egli, 1991). O uso de sementes fora dos padrões estabelecidos diminui a germinação e atrasa o crescimento de plântulas (Lobo Júnior et al., 2013), interferindo no rendimento final da cultura.

O teste de germinação é o procedimento mais utilizado para avaliação da capacidade das sementes de produzirem plântulas normais em condições ideais, mas nem sempre indica diferenças de desempenho entre lotes de sementes durante o armazenamento ou em campo (Carvalho e Nakagawa, 2000). Por isso, para a análise da qualidade de sementes, há necessidade de complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor (Dias et al., 2006), que incluem características de plântulas como primeira contagem e velocidade de germinação, comprimento de plântulas ou de suas partes constituintes (raiz primária, hipocótilo e/ou epicótilo) e massa seca de plântulas (Marcos Filho, 2005).

Avaliar os atributos fisiológicos da semente é de suma importância para garantir a capacidade da semente em se transformar numa planta normal e vigorosa (Oliveira et al., 2019). A semente destinada à semeadura deve ser cuidadosamente beneficiada e conservada, para garantir a manutenção da qualidade fisiológica, até o momento da utilização (Guedes et al., 2012).

Para reduzir o processo de deterioração das sementes é necessário que, após a coleta, as mesmas sejam armazenadas adequadamente para diminuir o processo de deterioração (Villela e Perez, 2004). O armazenamento é fundamental para garantir o controle da qualidade fisiológica das sementes, mantendo o vigor em nível razoável entre a semeadura e a colheita, conservando a sua viabilidade (Azevedo et al., 2003).

Os prejuízos que mais contribuem para a redução na germinação e vigor durante o armazenamento são os danos causados pela umidade da semente, danos mecânicos (Meneghello, 2014) e as alterações bioquímicas podem refletir em prejuízos às sementes e plântulas, com redução do vigor e aumento do número de plântulas com anormalidades morfológicas, principalmente durante o armazenamento (Heberle et al., 2019). A umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores ambientais que influenciam a qualidade das sementes armazenadas, porém, pouco se sabe a respeito do comportamento fisiológicos de sementes de feijoeiro com grãos especiais armazenadas em condições ambientais devido à escassez de informações sobre essas cultivares. Tendo em vista o exposto, objetivou-se avaliar as características fisiológicas das sementes de feijoeiro com grãos especiais para exportação durante o armazenamento prolongado em temperatura não controlada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), com as coordenadas geográficas 21°14'50" S, 48°17'5" W), com altitude média de 595 m, em Jaboticabal, São Paulo, Brasil. As sementes utilizadas foram produzidas durante a safra de outono-inverno na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à UNESP-Jaboticabal com semeio em maio e colheita em agosto de 2018. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Foram utilizadas cinco cultivares de feijoeiro com grãos especial para exportação: BRS Ártico, BRS Executivo, BRS FS 305, BRS Embaixador e IPR Garça.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura do feijoeiro. A colheita das plantas procedeu-se de forma manual no estágio de maturação fisiológica e em seguidas levadas para um galpão ventilado onde foi feita a separação das vagens das plantas e o beneficiamento e a homogeneização das sementes, as quais foram acondicionados em embalagens de papel. Após 40 dias da colheita, os grãos/sementes foram acondicionadas em embalagem plástica fechada (15,5 x 12 cm) e armazenadas sob condições ambiente em bancadas no laboratório durante oito meses (outubro de 2018 a junho de 2019), distribuídas em

delineamento inteiramente casualizados, utilizando-se quatro repetições por cultivar. Durante o armazenamento foram mensuradas as temperaturas máxima, mínima, média (°C) e a umidade relativa do ambiente (%), com auxílio do termo higrômetro da marca Cetec, modelo 7663.02.0.00, realizada três vezes na semana cujos valores encontram-se na Figura 1.

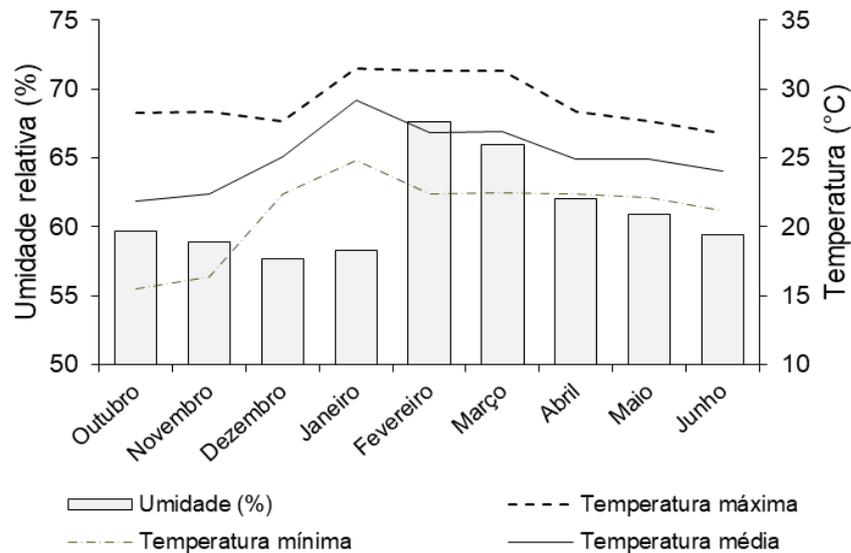


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima, média e umidade relativa do ambiente mensurada durante o período de armazenamento das sementes de feijoeiro especial.

Foram avaliados durante o armazenamento os atributos qualitativos dos grãos/ sementes em três períodos (recém-colhido, 120 e 240 dias após o armazenamento), com exceção da condutividade elétrica e teor de água que foram avaliadas durante cinco períodos (recém-colhido, 60, 120, 180 e 240 dias). Foram realizadas as seguintes avaliações:

Teor de água: determinado em estufa regulada a 105 ± 3 °C, durante 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Germinação (%): realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram semeadas a três centímetros de profundidade em caixas plásticas (26 x 16 x 9 cm) contendo areia peneirada, esterilizada e umedecida com água destilada. As caixas foram mantidas em condições laboratoriais, sob temperatura ambiente não controlada e a avaliação foi realizada no quinto e nono dia após a instalação do teste (Brasil, 2009).

Valor da primeira contagem de germinação (%): realizada juntamente com o teste de germinação e constou do registro da porcentagem de plântulas normais, verificada aos cinco dias após a instalação do teste (Nakagawa, 1999).

Índice de velocidade de emergência: realizado em conjunto com o teste de germinação, calculando-se o índice segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), como segue:

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

(Equação 1) Sendo:

IVE – Índice de velocidade de emergência;

N1, N2,..Nn–número de plântulas germinadas a 1, 2 e n dias após a montagem do teste, e;

D1, D2,, Dn – número de dias após a instalação do teste.

As contagens foram realizadas no quinto e nono dia após a instalação do teste de germinação.

Altura de plântulas (cm): realizada em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Após nove dias da emergência, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas com auxílio de uma régua (Nakagawa, 1999).

Diâmetro do hipocótilo: foi realizado obedecendo ao mesmo procedimento de montagem do teste de germinação. Avaliado aos nove dias após a emergência, medindo as partes das plântulas normais emergidas com auxílio de um paquímetro digital.

Massa seca da parte aérea (mg pl^{-1}): foram avaliadas em 10 plântulas, obtidas a partir da medição da altura e do diâmetro do hipocótilo, excluindo destas os cotilédones. As repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levados à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 65 °C, até atingirem massa constante (Nakagawa, 1999). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g.

Massa seca da raiz (mg pl^{-1}): realizado em 10 plântulas de cada subamostra de cada tratamento, obedecendo ao mesmo procedimento da massa seca da parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias agrupadas pelo teste de Scot-Knott. As variáveis teor de água e condutividade elétrica foram comparadas por análise de regressão realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes aumentou durante o armazenamento em todas as épocas de avaliação independente da cultivar (Figura 2A). As oscilações de temperatura e umidade relativa do ambiente (Figura 1) podem ter influenciado nessa variável durante o armazenamento, tendo em vista que as sementes do feijoeiro têm características higroscópicas que permitem troca de vapor de água com o ambiente, favorecendo o processo de adsorção de água. De acordo com Araújo et al. (2005) está oscilação ocorre até o equilíbrio higroscópico, quando a pressão de vapor de água da atmosfera e do ambiente são iguais.

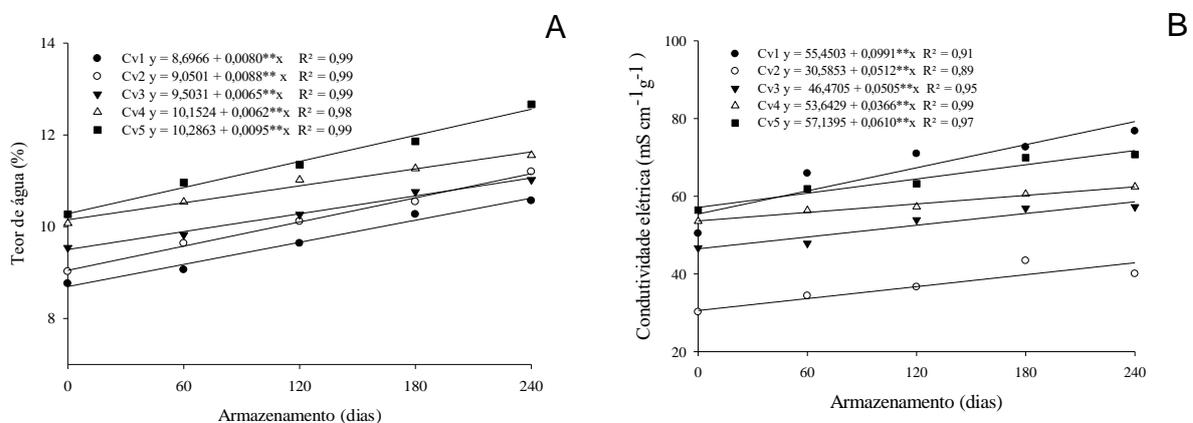


Figura 2- Teor de água (A) e condutividade elétrica (B) das sementes em função do período de armazenamento em temperatura ambiente do feijoeiro com grãos especial para exportação. Cv1= BRS Ártico, Cv2= BRS Executivo, Cv3= BRS FS 305, Cv4= BRS Embaixador e Cv5= IPR Garça.

Com as oscilações de temperatura e umidade (Figura 1A), as sementes permaneceram com teor de água inferior a 13% durante todo o período de armazenamento, recomendado para o armazenamento de sementes, pois o processo

respiratório da semente se mantém baixo, prolongando a manutenção da qualidade durante o armazenamento (Bragantini, 2005).

A condutividade elétrica aumentou com o armazenamento das sementes para todas as cultivares avaliadas, porém, de forma menos intensa para a cultivar BRS Executivo, a qual apresentou os menores valores em todas as épocas de armazenamento (Figura 2B). Isso indica maior vigor das sementes e menor intensidade de desorganização nos sistemas de membranas das células, ocasionando aumento de sua permeabilidade (Santos e Paula, 2005; Oliveira, 2012).

O reumedecimento das sementes devido ao aumento no teor de água (Figura 2A) pode ter promovido uma danificação no sistema de membranas (Smaniotto et al., 2014), acarretando a desorganização da estrutura da semente e, conseqüentemente, maior quantidade de lixiviação de solutos na solução. A liberação de solutos é considerada um dos primeiros eventos do processo deteriorativo das sementes (Santos et al., 2005). O aumento na quantidade de solutos na solução foi constatado em trabalhos desenvolvidos por Rosa (2009), Silva et al. (2010); Zucareli et al. (2015).

Para germinação, primeira contagem e índice de velocidade de emergência, houve interação entre as cultivares e o armazenamento (Tabela 1). Porém com valores baixos, Isso pode ser explicado pelo tamanho das sementes das cultivares para exportação com massa de 100 grãos de tamanho grande (> 40) (Blair et al., 2010) que durante a colheita manual e trilha mecanizada tenham sofridos danos mecânicos que interferiram nessas variáveis. Outro fator que pode ter interferido é o teor de água das sementes abaixo de 11% no momento da colheita (Figura 2A) que as torna suscetíveis a dano mecânico imediato (Cunha et al., 2009). As sementes de feijão são particularmente suscetíveis a danos de natureza mecânica uma vez que o eixo embrionário está situado sob tegumento pouco espesso que, praticamente, não oferece proteção (Faccion et al., 2011).

Durante a colheita, no processo de trilha, os danos mecânicos ocasionados nas sementes podem ser imediatos (tegumentos quebrados, cotilédones separados e/ou quebrados a olho nu), ou latentes (trincas microscópicas e/ou abrasões ou danos internos no embrião) (Paiva et al., 2000; Lopes et al., 2011). Estes danos na semente provocam redução no potencial fisiológico e na qualidade, e, conseqüentemente,

influenciam a porcentagem de germinação, o aumento do número de plântulas anormais e na redução no vigor das plântulas no campo (Toledo et al. 2009).

Tabela 1. Valores de F e médias para as variáveis, porcentagem de germinação (Ger), primeira contagem (PC) e índice de velocidade de emergência (IVE) de cultivares de feijão do grupo com grãos especial tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal – SP, 2018.

Cultivares (C)	Ger	PC	IVE
	-----%-----		--
BRS Ártico	52,7	30,0	7,2
BRS Executivo	54,2	31,5	7,4
BRS FS 305	54,2	26,2	7,2
BRS Embaixador	49,8	34,4	7,1
IPR Garça	67,7	45,5	9,5
Armazenamento (A)			
0	66,8	57,8	9,7
120	64,3	39,2	9,2
240	36,2	3,6	4,2
CV (%)	10,4	20,9	11,2
Teste F			
C	433,2 ^{**}	484,2 ^{**}	9,9 ^{**}
A	4303,7 ^{**}	11401,1 ^{**}	138,7 ^{**}
C x A	118,6 ^{**}	354,0 ^{**}	3,4 ^{**}
Média geral	55,7	33,5	7,7

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). ^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

A altura de plântula, o diâmetro do hipocótilo e o acúmulo de massa seca da parte aérea foram influenciados pela interação entre cultivar e armazenamento, não havendo interação para acúmulo de massa seca radicular das plântulas (Tabela 2). As cultivares BRS Executivo e BRS Embaixador foram as que acumularam maior massa seca radicular das plântulas. Independente da cultivar, com o decorrer do tempo de armazenamento, o acúmulo de massa seca radicular foi influenciado negativamente, proporcionando plântulas com menor desenvolvimento radicular e consequentemente menos vigorosas.

Tabela 2. Valores de F e médias para as variáveis altura de plântulas (AP), diâmetro do hipocótilo (DH), massa seca radicular (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de feijão do grupo com grãos especiais tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal – SP, 2018.

Cultivar (C)	AP	DH	MSR	MSPA
	--cm--	--mm--		--mg planta ⁻¹ --
BRS Ártico	17,1	3,2	231,1 b	341,1
BRS Executivo	20,3	3,3	272,2 a	432,2
BRS FS 305	19,8	3,5	258,8 b	377,7
BRS Embaixador	19,0	3,5	306,6 a	418,8
IPR Garça	19,3	3,0	241,1b	512,6
Armazenamento (A)				
0	23,0	3,6	390,0 a	915,8
120	19,7	3,0	301,3 b	199,1
240	14,6	3,2	94,6 c	134,6
CV (%)	4,9	9,0	21,4	12,2
Teste F				
C	13,8**	0,5**	7874,4 ^{ns}	37538,5**
A	264,4**	1,4**	344486,6**	2820557,6**
C x A	5,9**	0,3**	8564,4 ^{ns}	10390,3**
Média geral	19,1	3,3	262,0	416,5

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo.

As variáveis germinação e primeira contagem da germinação apresentaram diferença significativa durante o armazenamento (Tabela 3). No início do armazenamento, a cultivar IPR Garça foi a que apresentou os maiores valores para germinação e primeira contagem com 80,3 e 68,3%, respectivamente. As demais cultivares se mantiveram abaixo dos padrões mínimos de 80% de germinação aceitáveis pelo Ministério da Agricultura para comercialização de sementes (Mapa, 2013), mesmo sendo recém-colhidas (Tabela 3).

A partir dos 120 dias até o final do período de armazenamento, todas as cultivares obtiveram uma redução significativa nas variáveis analisadas, o que significa que os danos mecânicos sofridos durante a colheita e trilha das sementes e o ambiente de armazenamento influenciaram no desempenho germinativo e na primeira contagem.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre cultivares e o armazenamento das sementes para germinação (Ger) e primeira contagem (PC) de cultivares de feijão do grupo com grãos especiais tipo exportação durante o armazenamento. Jaboticabal – SP, 2018.

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	Ger --%--			PC --%--		
BRS Ártico	66,6 Ba	56,3 Bb	35,3 Ac	41,0 Ca	40,3 Ba	4,6 Bb
BRS Executivo	66,3 Ba	63,3 Ba	33,0 Ab	59,6 Ba	41,3 Ab	2,6 Bc
BRS FS 305	67,3 Ba	56,3 Bb	38,0 Ac	58,6 Ba	38,0 Ab	2,0 Bc
BRS Embaixador	66,3 Ba	50,2 Cb	33,0 Ac	62,3 Ba	32,0 Ab	2,0 Bc
IPR Garça	81,3 Aa	70,3 Aa	42,0 Ab	68,3 Aa	45,6 Ab	8,6 Ac
Média	69,6	59,3	36,3	58,0	39,4	4,0
Teste F	213,7**	413,0**	43,5**	860,9**	306,9**	24,4**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ** Significativo a 1% de probabilidade.

Os valores obtidos para o índice de velocidade de emergência, altura de plântulas, diâmetro do hipocótilo e massa seca da parte aérea se encontram na (Tabela 4). Pelo índice de velocidade de emergência é possível estimar o número médio de plântulas normais por dia, e quanto maior o valor obtido subentende-se maior velocidade de germinação e vigor (Nakagawa, 1994). A partir dos 120 dias de armazenamento se observa uma redução no índice de velocidade de emergência, com média de 8,4, notando-se no final do armazenamento a média de 4,1, uma redução de 51,2%. Isso mostra a susceptibilidade das cultivares utilizadas ao armazenamento prolongado em condições ambientais.

A diminuição da velocidade de emergência e a maior desuniformidade de emergência, aumentam a susceptibilidade das sementes a ataques de microrganismos presentes no solo, na menor estatura inicial de plântulas e no menor acúmulo de massa seca, comprometendo o estande final da lavoura (Schuch et al., 2000; Kolchinski et al., 2006), corroborando com os resultados obtidos na germinação.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre cultivares e o armazenamento das sementes para índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plântula (AP), diâmetro do hipocótilo (DH) e massa seca parte aérea (MSPA) de cultivares de feijão do grupo com grãos especiais para exportação durante o armazenamento. Jaboticabal – SP, 2018.

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	IVE			AP		
	---			--cm--		
BRS Ártico	9,1 Ba	8,1 Ba	4,3 Ab	22,0 Ba	18,6 Bb	10,6 Cc
BRS Executivo	10,0 Aa	8,4 Bb	3,7 Ac	24,0 Aa	21,0 Ab	16,0 Ac
BRS FS 305	10,1 Aa	7,2 Bb	4,3 Ac	24,6 Aa	19,0 Bb	16,0 Ac
BRS Embaixador	9,1 Ba	8,3 Ba	3,7 Ab	24,0 Aa	20,3 Ab	14,0 Bc
IPR Garça	12,8 Aa	10,0 Aa	4,7 Ab	21,6 Ba	19,6 Bb	16,6 Ac
Média	10,2	8,4	4,1	23,2	19,7	14,6
Teste F	8,5**	7,6**	0,5*	5,0**	2,7*	18,0**

Cultivares	Armazenamento (dias)					
	0	120	240	0	120	240
	DH			MSPA		
	---mm plântula ⁻¹ ---			---mg plântula ⁻¹ ---		
BRS Ártico	3,3 Aa	3,3 Ba	3,0 Ba	780,0 Ca	150,0 Bb	93,3 Ab
BRS Executivo	4,0 Aa	3,0 Ab	3,0 Bb	870,0 Ba	183,3 Bb	143,3 Ab
BRS FS 305	4,0 Aa	3,6 Ab	3,0 Ab	730,0 Ca	180,0 Bb	133,3 Ab
BRS Embaixador	3,6 Aa	3,0 Ba	3,0 Ba	836,6 Ba	160,0 Bb	160,0 Ab
IPR Garça	3,0 Aa	3,0 Ba	3,0 Ba	872,6 Aa	322,0 Ab	143,3 Ac
Média	3,6	3,2	3,0	817,8	199,1	134,6
Teste F	0,1**	1,0**	0,7**	41699,6**	14743,0**	1876,6*

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). ** e * Significativo a 1 e 5 % de probabilidade.

Ao decorrer do armazenamento das sementes, observou-se redução significativa da altura das plântulas para todas as cultivares. No período recém-colhido, a média foi de 23,2 cm e ao final do armazenamento foi de 14,6 cm, resultando em uma redução de 38,1% (Tabela 5). As cultivares não apresentaram diferença significativa quando recém-colhidos com média de 3,6 mm plântula⁻¹ e aos 240 dias a média foi de 3,0 mm plântula⁻¹, resultando em uma redução de 0,6 mm no diâmetro do hipocótilo. Para o acúmulo de massa seca da parte aérea, observa-se redução significativa para

todas as cultivares com o decorrer do tempo, obtendo-se uma redução de 83,5% comparando arecém-colhida com a última data avaliada (Tabela 5).

A avaliação do crescimento inicial de plântulas é outro parâmetro utilizado para verificar o vigor da plântula. É um método fácil que determina a contribuição das estruturas vegetais no rendimento das espécies, possibilitando, dessa maneira, indicar a estimativa do desenvolvimento e da contribuição dos processos morfofisiológicos sobre o desenvolvimento vegetal, podendo ser utilizado para avaliar o comportamento vegetal em diversas condições ambientais e manejo (Aumonde et al., 2012). Devido, provavelmente, aos danos mecânicos sofridos pelas sementes no momento da colheita e às condições ambientais durante o armazenamento, a qualidade fisiológica foi afetada, como se observou nas variáveis analisadas durante o experimento.

CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica das sementes de feijoeiro de grãos especiais para exportação é reduzida de forma significativa quando armazenadas em temperatura não controladas.

A partir dos 120 dias de armazenamento há redução do poder germinativo e no vigor das sementes desde que submetidas a condições ambientais.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

Ao Laboratório de sementes e Melhoramento Florestal desta instituição pelo auxílio nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

Araújo LF, Oliveira LDS, Perazzo Neto A, Alsina OL, Silva FL (2005) Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9:379-384.

Aumonde TZ, Marini P, Moraes DM, Maia MS, Pedó T, Tillmann MAA, Villela FA (2012) Classificação do vigor de sementes de feijão miúdo pela atividade respiratória. **Revista Interciência**, 37:55-58.

Azevedo MRQA, Gouveia JP, Trovão DMDM, Queiroga VDP (2003) Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 7:519-524.

Bragantini C (2005) **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 28p.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Brasil. (2009) **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS. 395 p.

Blair MW, González LF, Kimani PM, Butare L (2010) Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, 121:237-248.

Carvalho NM, Nakagawa J (2000) **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 524p.

Cunha JPAR, Oliveira P, Santos CM, Mion RL (2009) Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, 39:1420-1425.

Dias DCFS, Bhering MC, Tokuhisa D, Hilst PC (2006) Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, 28:154-162.

Faccion CE (2011) **Qualidade de sementes de feijão durante o beneficiamento e armazenamento**. Lavras: UFLA, p.49

Ferreira DF (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38:109-112.

Gomes Júnior FG, Sá ME (2010) Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, 32:034-044, 2010.

Guedes RS, Alves EU, Bruno RLA, Gonçalves EP, Costa EG, Medeiros MS (2012) Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, 14:68-75.

Heberle E, Araujo EF, Lacerda Filho AF, Cecon PR, Araujo RF, Amaro HTR (2019) Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, 42:657-665.

Kolchinski EM, Schuch LOB, Peske ST (2006) Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, 12:163-166.

Leite UT, Araújo GAA, Miranda GV, Vieira RF, Pires AA (2009) Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista ceres**, 56:225-231.

Lobo Júnior M, Duarte L, Martins BDM (2013) **Testes para avaliação da qualidade de sementes de feijão comum**. Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 4p. (Circular Técnica, 90). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/970251/1/circulartecnica90.pdf>> . Acesso em: 21 Abril. 2020.

Lopes MM, Prado MOD, Sader R, Barbosa RM (2011) Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, 27: 230-238.

Maguire JD (1962) Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, 2:176-177.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2013) Instrução Normativa Nº 45, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - **Padrões para produção e comercialização de sementes de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.)**. http://www.lex.com.br/legis_24861657_InstruçãoNormativa_N_45_DE_17_de_setembro_de_2013.aspx. Acesso: 16 Março 2020.

Marcos Filho J (2005) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, FEALQ, 495p.

Meneghello GE (2014) Qualidade de sementes: umidade e temperatura. **Seeds News**, 18:28-32.

Nakagawa J (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanoski, FC, Vieira RD, França Neto JB (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24.

Nakagawa J (1994) Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira R. D, Carvalho NM (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 49-85p.

Oliveira FS, Dias MFS, Pereira RC, Andrade CAB (2019) Produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Terra & Cultura: cadernos de ensino e pesquisa**, 35:99-116.

Oliveira S (2012) **Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas**. Curitiba: UFPR; 404 p.

Paiva LE, Medeiros Filho S, Fraga AC (2000) Beneficiamento de sementes de milho colhidas mecanicamente em espigas: efeitos sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica. **Ciência e Agrotecnologia**, 24:846-856.

Rosa MS (2009) **Teste de condutividade elétrica para sementes de milho e de soja armazenadas sob baixa temperatura**. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, São Paulo, 57p.

Santos SRG, Paula RC (2005) Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs *Euphorbiaceae*. **Revista brasileira de Sementes**, 2:136-145.

Santos CMR, Menezes NL, Villela FA (2005) Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, 27:104-114.

Silva EC, Galvão CS, Miranda RA, Portal RKVP, Peixoto N (2018) Germinação e vigor em sementes de feijão mungo-verde em função do período de armazenamento. **Scientia Agraria Paranaensis**, 17:385-388.

Silva FS, Porto AG, Pascuali LC, Silva FTC (2010) Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agroambientais**, 8:45-56.

Smaniotto TAS, Resende O, Marçal KAF, Oliveira DEC, Simon GA (2014) Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18:446-453.

Schuch LOB, Nedel JL, Assis FN (2000) Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, 57:305- 312.

Tekrony DM, Egli DB (1991) Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, 31:816-822.

Toledo M Z, Fonseca NR, César ML, Soratto RP, Cavariani C, Crusciol CAC (2009) Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 39:124-133.

Villela FA, Perez WB (2004) **Tecnologia de sementes - coleta, beneficiamento e armazenamento**. In: Ferreira AG, Borghetti F (Coord.). Germinação - do básico ao aplicado, Porto Alegre: Artmed, 265-80 p.

Zucareli C, Brzezinski CR, Abati J, Werner F, Ramos Júnior EU, Nakagawa J (2015) Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19:803–809.

APÊNDICE

Apêndice 1- Cultivares de feijoeiro com grãos especiais e para exportação



BRS Radiante



BRS MG Realce



BRS Pitanga



BRSMG Tesouro



BRS Marfim



BRSMG União



IAC Tigre



EPAMIG Ouro Vermelho



EPAMIG Ouro da Mata



BRS Àrtico



BRS Executivo



BRS FS 305



BRS Embaixador



IPR Garça