

NATÁLIA MACHADO SILVA

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE FEIJÃO PRETO E
CARIOCA RECOMENDADAS NOS ÚLTIMOS 60 ANOS NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GEAS – BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

S586q
2018
Silva, Natália Machado, 1989-
Qualidade tecnológica de cultivares de feijão preto e carioca
recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil / Natália Machado
Silva. – Viçosa, MG, 2018.
vii, 32 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 26-32.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Culinária (Feijão) - Qualidade.
3. Feijão - Cozimento. 4. Hidratação. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa Pós-Graduação
em Genética e Melhoramento. II. Título.

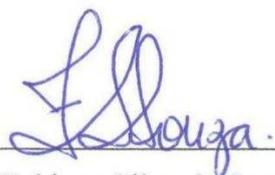
CDD 22. ed. 635.652

NATÁLIA MACHADO SILVA

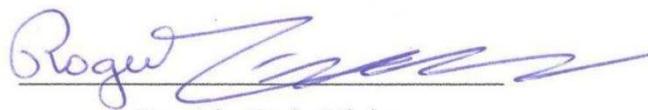
**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE FEIJÃO PRETO E
CARIOCA RECOMENDADAS NOS ÚLTIMOS 60 ANOS NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de julho de 2018.



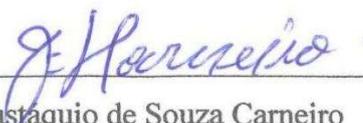
Fabiana Silva de Souza



Rogério Faria Vieira



Pedro Crescêncio Souza Carneiro



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

A minha mãe Luciana.

Ao meu irmão Pedro.

Aos meus amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fortalecer nos momentos mais difíceis e por me permitir concluir mais uma etapa da minha caminhada existencial.

A minha família pelo amor, suporte, confiança e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor José Eustáquio, pela orientação, pela disponibilidade, pela dedicação e paciência, pelos ensinamentos sobre a cultura do feijoeiro e pela convivência.

Ao Professor Pedro, pela coorientação, pelos ensinamentos e por todos os bons momentos de descontração.

Aos amigos do Programa Feijão pela valiosa amizade, pelos momentos de descontração e por tanta disposição em me ajudar nos plantios, nas avaliações e pela generosidade em acordar no meio da madrugada para embeber os grãos de feijão. Meu eterno agradecimento a vocês!

Ao Pereirinha por tanto cuidar de mim!

À minha eterna amiga Thais, por todos os conselhos, por toda transparência e verdade em acreditar e me incentivar a sempre ser melhor e fazer o melhor. Obrigada por ser tão presente em minha vida! Obrigada por ter acreditado em mim!

Aos meus queridos amigos Michel e Lorena, por tanto companheirismo, por tanta paciência em me ouvir, pelos conselhos e pelos caldos de mandioca, brigadeiros e mingau de milho verde. Obrigada pelos incansáveis momentos de risos.

Ao João, pela amizade, pelo incentivo, e pela imensurável dedicação em me ajudar na conclusão deste trabalho.

Aos servidores da Estação Experimental de Coimbra, do Vale da Agronomia e da Biometria, pela atenção e ensinamentos.

Ao meu namorado Bruno, pelo amor, companheirismo e incentivo.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos e reconhecimento.

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

NATÁLIA MACHADO SILVA, filha de Paulo Henrique de Faria e Silva e Luciana Aparecida Machado, nasceu na cidade de Pompéu, Minas Gerais, Brasil, em 25 de dezembro de 1989.

Em julho de 2016 obteve o título de Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Em agosto de 2016, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em julho de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos gerais da cultura do feijoeiro	3
2.2. Programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil	4
2.3. Qualidade tecnológica dos grãos	5
2.4. Capacidade de hidratação como uma característica auxiliar ao tempo de cocção ..	6
3. OBJETIVOS	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1. Material genético	8
4.2. Produção e armazenamento dos grãos para as avaliações	11
4.3. Avaliação da qualidade tecnológica dos grãos	11
4.3.1. Massa de 100 grãos	11
4.3.2. Capacidade de hidratação	11
4.3.3. Tempo de cocção	12
4.4. Análises estatísticas	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5.2. Análises de variância individuais e conjuntas	14
5.3. Médias fenotípicas das características M100G, CH 4 h, CH 8 h, CH 12 h e TC ..	17
5.4. Correlações simples e parciais entre as características M100G, CH 4 h, CH 8h, CH 12 h e TC	22
6. CONCLUSÕES	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

SILVA, Natália Machado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Qualidade tecnológica de cultivares de feijão preto e carioca recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Informações sobre a qualidade tecnológica de cultivares de feijão recomendadas no Brasil e sobre a associação entre caracteres relacionados a esse quesito, são importantes tanto para a escolha de cultivares pelos produtores quanto para o melhoramento visando desenvolvimento de novas cultivares. Foram avaliadas 104 cultivares, sendo 49 de feijão preto e 55 de feijão carioca, quanto à qualidade tecnológica dos grãos (massa de 100 grãos, capacidade de hidratação com 4 (CH 4 h), 8 (CH 8 h) e 12 horas (CH 12 h) e tempo de cocção), recomendadas por diferentes instituições de pesquisa do Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os grãos utilizados nas avaliações de qualidade tecnológica foram provenientes de experimentos conduzidos na safra de inverno dos anos 2016 e 2017. Os dados obtidos foram submetidos às análises de variâncias individuais e conjuntas. A partir das médias fenotípicas foi realizado o teste de Dunnett (1955), tendo como testemunhas as cultivares Ouro Negro e Pérola. Foram realizadas também correlações simples e parciais entre as características avaliadas. Os resultados mostraram efeito significativo ($p < 0,01$) de cultivares para todas as características, nos dois anos avaliados, indicando que existe variabilidade genética para as cultivares de feijão quanto às características de qualidade tecnológica. As cultivares de feijão preto apresentaram, em média, maiores capacidades de hidratação (CH 4 h, CH 8 h e CH 12 h) e os menores tempos de cocção, quando comparadas às cultivares de feijão carioca. Para as correlações observou-se que, independente do grupo comercial e do ano de avaliação, não houve associação linear entre capacidade de hidratação e tempo de cocção, contrariando alguns resultados encontrados na literatura.

ABSTRACT

SILVA, Natália Machado, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Technological quality of black and carioca bean cultivars recommended in the last 60 years in Brazil.** Advisor: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Information on the technological quality of bean cultivars recommended in Brazil and on the association between characters related to this subject are important both for the cultivars choice by the producers and for the improvement with the aim of developing new cultivars. The study evaluated 104 cultivars, 49 of black beans and 55 of rioja beans about the technological quality of the grains (100 grains, hydration capacity with 4 (CH 4 h), 8 (CH 8 h) and 12 hours (CH 12 h) and cooking time), recommended by different Brazilian research institutions. The experimental design was a randomized block design with three replications. The grains used in the technological quality evaluations came from experiments conducted in the winter harvest of 2016 and 2017. The data obtained were submitted to analysis of individual and joint variances. From the phenotypic means, the Dunnett test (1955) was carried out with the cultivars Ouro Negro and Pérola as witnesses. There were also simple and partial correlations between the evaluated characteristics. The results showed a significant ($p < 0,01$) effect of cultivars for all traits in the two years evaluated, indicating that there is genetic variability for bean cultivars in terms of technological quality. The black bean cultivars presented on average higher hydration capacities (CH 4 h, CH 8 h and CH 12 h) and the shorter cooking times when compared to the bean cultivars. For the correlations, it was observed that independently of the commercial group and the year of evaluation, there was no linear association between hydration capacity and cooking time, contrary to some results found in the literature.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é uma das principais culturas plantadas no Brasil. Sua importância vai além do aspecto econômico, dada sua grande relevância na segurança alimentar e nutricional (BARBOSA & GONZAGA, 2012). Os grãos dessa leguminosa apresentam componentes e substâncias de grande valor para a alimentação humana, como proteínas, fibras, vitaminas, carboidratos e minerais (BENINGER & HOSFIELD, 2003). Em razão disso, o feijão é uma cultura que a cada dia tem ganhado mais espaço no agronegócio e na dieta diária da população brasileira (CARBONELL et al., 2003), sendo cultivado durante todo o ano, nas safras das águas, da seca e do inverno, o que possibilita constante oferta (SALVADOR, 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (FAO, 2017). Na safra agrícola de 2016/2017, foram produzidas 3,4 milhões de toneladas de grãos, com média de produtividade em torno de 1068 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Cerca de 70 % da população consome feijão diariamente, com uma média de 18 kg per capita por ano (BORÉM & CARNEIRO, 2015). A preferência dos consumidores e dos agricultores varia quanto ao aspecto de grãos (forma, tamanho, brilho, cor), o que pode ter grande influência na comercialização do produto (VENTURELLI et al., 2014). Por isso, existe no país uma ampla variedade de tipos de grãos: carioca, preto, roxo, rosinha, tipos de grãos graúdos, como jalo e manteigão (PEREIRA et al., 2012).

Várias cultivares de feijoeiro foram recomendadas no Brasil desde o início das pesquisas com melhoramento genético na década de 1930. Dentre as recomendadas destaca-se a cultivar Rico 23, de grãos pretos, introduzida da Costa Rica e recomendada inicialmente para Minas Gerais, em 1959 (VIEIRA et al., 2005) e a cultivar Carioca ou Cariquinha, de grãos carioca, recomendada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1970 (CARBONEL et al., 2012).

O desenvolvimento dessas cultivares fica a cargo, predominantemente, do setor público, uma vez que há pouca atratividade financeira para as empresas privadas (VIEIRA et al., 2005), em razão da produção desses grãos ser realizada, em sua maior parte, por pequenos produtores que preservam o costume de utilizar grãos de safras passadas como sementes para o próximo plantio (ALVES et al., 2011).

Nos programas de melhoramento genético do feijoeiro, é fundamental que as linhagens, em um dado momento, sejam avaliadas quanto às características tecnológicas dos grãos: aparência, capacidade de hidratação, tempo de cocção, caldo denso, sabor,

textura e teor nutricional. O tempo de cocção, talvez seja, dentre essas características, a mais importante de ser avaliada, pois ela é determinante na aceitação de uma nova cultivar pelo mercado consumidor. A metodologia utilizada para determinar o tempo de cocção leva em consideração a hidratação dos grãos e consiste no uso do cozedor de Mattson (MATTSON, 1946), modificado por PROCTOR & WATTS (1987). É relativamente simples de ser utilizada, porém, dependendo do número de amostras essa metodologia pode se tornar demorada e muito trabalhosa (COELHO et al., 2008).

Alguns trabalhos na literatura indicam que determinações da capacidade de hidratação dos grãos antes do cozimento podem ser um bom indicativo do tempo de cocção, ou seja, maior quantidade de água absorvida pelos grãos resultaria um menor tempo de cocção (RODRIGUES et al., 2005a; SANTOS et al., 2016)). Entretanto, outros autores encontraram baixa correlação entre essas características (COELHO et al., 2008; MINGOTTE et al., 2013). Cabe ressaltar que o número de genótipos utilizados nesses trabalhos é pequeno, geralmente inferior a 25, o que pode ser causa dessas divergências encontradas.

Considerando essas divergências e pensando na condição de que os programas de melhoramento avaliam elevado número de linhagens em curto espaço de tempo (CARVALHO et al., 2017), conhecer o grau de associação de características relacionadas ao tempo de cozimento pode contribuir para o aumento da eficiência da seleção de linhagens superiores. Considerando esses fatos, o objetivo deste estudo foi avaliar cultivares de feijão preto e carioca, recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil, quanto às características relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos: massa de 100 grãos, capacidade de hidratação e tempo de cocção e investigar se existe uma associação linear entre as características.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do feijoeiro

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem grande importância para a alimentação humana, em razão da sua relevância social e econômica decorrente de seu alto valor proteico (TAVARES et al., 2013). Em alguns países subdesenvolvidos como os do sudeste da África e das Américas do Sul e Central, o feijão corresponde à principal fonte de proteínas para milhões de consumidores, por apresentar baixo valor econômico, quando comparada com proteínas de origem animal (SCHMUTZ et al., 2014; MEZIADI et al., 2016). Essa leguminosa é também fonte rica em carboidratos, minerais como o ferro, vitaminas e aminoácidos essenciais como a lisina (PETRY et al., 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (FAO, 2017). Na safra agrícola de 2016/2017, apresentou uma produção média anual de 3,4 milhões de toneladas, com média de produtividade em torno de 1068 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Essa média de produtividade é considerada baixa, uma vez que em alguns estados, como Goiás e São Paulo a média foi superior a 2000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). A baixa média de produtividade decorre, principalmente, pelo feijão ser produzido, em grande parte, por pequenos e médios produtores, com acesso a poucos recursos tecnológicos (MOURA & BRITO, 2015).

O cultivo do feijoeiro é importante no agronegócio brasileiro, e o sucesso desta atividade tem grande relação com a capacidade da cultura se adaptar às condições edafoclimáticas. A semeadura pode ser realizada em três safras ao longo do ano: safra das águas, cujo plantio vai de agosto a dezembro; safra da seca, com plantio de janeiro a abril e safra do inverno, com plantio de maio a julho (MOURA & BRITO, 2015). As safras das águas e da seca, em geral, não são irrigadas, entretanto, são consideradas mais dependentes dos fatores climáticos. Já a safra do inverno é irrigada, tornando-a menos dependente de fatores do clima, o que gera maior estabilidade de produção e possibilita obtenção de grãos de melhor qualidade (BORÉM & CARNEIRO, 2015; PEREIRA et al., 2010).

A preferência do consumidor brasileiro por esta leguminosa é muito diversificada e dependente da tradição local. Entre os tipos de feijão comercializados no Brasil (carioca, preto, vermelho, mulatinho e manteigão), o tipo carioca é o mais cultivado e consumido (MAPA, 2015). O segundo tipo mais cultivado e consumido é o feijão preto, que apresenta maior aceitação nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio

de Janeiro e Espírito Santo (VIEIRA et al., 2005). Os demais têm o consumo mais regionalizado, como o tipo vermelho, consumido principalmente na Zona da Mata Mineira (RAMALHO & ABREU, 2015).

2.2. Programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil

No Brasil, as principais instituições geradoras de cultivares de feijoeiro são empresas que pertencem ao setor público, como a Embrapa Arroz e Feijão, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), as Universidades Federais de Lavras (UFPA) e de Viçosa (UFV), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI), além da empresa de capital privado FT-Pesquisa e Sementes.

As atividades, em nível nacional, de pesquisa com melhoramento genético do feijoeiro, tiveram início na década de 1930, tendo a Escola Superior de Agricultura e Veterinária de Viçosa (Esav) e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) como instituições pioneiras nas pesquisas (RAMALHO et al., 2012). Na década de 1950, foram realizados os primeiros testes de cultivares de feijoeiro em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, os quais não só incluíam materiais locais e regionais bem como introduções de outros países. Importantes instituições como o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e o Instituto Pernambucano de Pesquisa Agropecuária (IPA) também contribuíram em trabalhos com melhoramento (RAMALHO et al., 2004).

A década de 1970 foi marcada pelos eventos mais importantes no melhoramento genético do feijoeiro como, a criação da Embrapa Arroz e Feijão e das Empresas Estaduais de Pesquisa Agropecuária; estabelecimento do Programa Feijão do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colômbia; início dos trabalhos de melhoramento em outras universidades, além das Universidades Federais de Lavras e Viçosa (RAMALHO et al., 2004).

Logo, o desenvolvimento de cultivares de feijoeiro no Brasil, fica a cargo praticamente do setor público e concentram-se, principalmente, no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. Há pouca atratividade financeira para empresas privadas no que se refere ao desenvolvimento de novas cultivares (VIEIRA et al., 2005). Essa circunstância pode ser atribuída ao fato da maioria dos produtores de feijão serem de pequeno porte, associado ao uso de grãos de safras passadas como sementes para o próximo plantio (ALVES et al., 2011).

Várias cultivares de feijoeiro foram recomendadas no país, desde o início dos estudos com melhoramento genético. Dentre essas recomendações a atenção é direcionada, neste trabalho, às cultivares de feijão preto e carioca. Dessa forma, para as cultivares de feijão preto, tem-se como destaque a cultivar Rico 23, introduzida da Costa Rica e recomendada inicialmente para Minas Gerais em 1959 e, anos mais tarde, para outros estados (VIEIRA et al., 2005). Outro grande destaque foi a cultivar Ouro Negro, recomendada em 1991, também para Minas Gerais, persistindo até hoje na preferência dos produtores e consumidores de feijão preto (PAULA JÚNIOR et al., 2010).

A recomendação da primeira cultivar de feijão carioca, denominada Carioca ou Carioquinha, pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1970, proporcionou estabilização do mercado brasileiro, em razão da grande aceitação dos consumidores devido a aspectos de sabor e cozimento rápido dos grãos. Esse fato incentivou as empresas de embalagens a investir em maquinário e processos para comercializar grãos de maior qualidade (CARBONEL et al., 2012). Entretanto, anos mais tarde, em 1994, houve a recomendação da cultivar Pérola, pela Embrapa Arroz e Feijão. Seus grãos seguiam o padrão de cor creme com rajadas marrons (RAMALHO et al., 2004), porém se apresentavam mais graúdos que os demais grãos disponíveis no mercado, o que agradou os consumidores e as empresas empacotadoras (CARBONEL et al., 2010). Por isso, tornou-se uma das cultivares mais plantadas no Brasil. Posterior ao lançamento das cultivares Ouro Negro e Pérola, referências quanto à produtividade e qualidade de grãos, outras cultivares de feijão preto e carioca foram recomendadas no Brasil.

O melhoramento genético tem trabalhado no sentido de desenvolver cultivares com características agrônomicas desejáveis: alta produtividade, adaptação às regiões de cultivo, resistência aos principais patógenos e plantas mais eretas (RAMALHO & ABREU, 2015). Além disso, características tecnológicas favoráveis, como a maior capacidade de hidratação dos grãos e o menor tempo de cocção, são características que também merecem a atenção dos melhoristas.

2.3. Qualidade tecnológica dos grãos

De acordo com a Portaria nº 264 de 14 de setembro de 1998, no processo de lançamento, registro e/ou proteção de uma nova cultivar de feijoeiro, testes de qualidade tecnológica passaram a ser exigidos pelo Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para que a cultivar torne-

se um produto comercial de sementes no Brasil (BRASIL, 2018). Para determinar a qualidade tecnológica dos grãos de feijão são necessárias avaliações no sentido de verificar os aspectos gerais dos grãos, a capacidade de absorção de água, o tempo de cocção, a percentagem de sólidos-solúveis, a densidade do caldo, o sabor e a textura dos grãos (BASSINELLO et al., 2003). Além disso, também podem ser feitos testes nutricionais, que incluem avaliações de proteína bruta, fibras, minerais e vitaminas (CARBONELL et al., 2003).

Logo, a qualidade dos grãos de feijão pode ser estabelecida sob três principais aspectos tecnológicos: comercial, culinário e nutricional. Na qualidade comercial, a característica que se leva em consideração é a aparência do grão, ou seja, a coloração, brilho, formato e o tamanho (VIEIRA et al., 2005). Dentre as características culinárias desejadas pelos consumidores, destacam-se a maior capacidade de hidratação dos grãos, o menor tempo para cocção, a formação de caldo denso, o sabor e a textura agradáveis ao paladar (BASSINELLO et al., 2003; MESQUITA et al., 2007). Contudo, é importante salientar que a qualidade culinária dos grãos é tão determinante para o futuro do novo cultivar quanto o seu aspecto comercial e que, à medida que as sementes vão envelhecendo, sofrem consideráveis perdas nesse quesito. O feijão é excelente fonte de proteínas, carboidratos e minerais, especialmente o ferro. Por isso, é considerado alimento básico para a população, sobretudo nas áreas rurais (COSTA et al., 2006).

Estudos recentes mostram que os aspectos referidos à qualidade tecnológica dos grãos como, a alta capacidade de hidratação dos grãos e menor tempo de cocção, são de grande relevância para o desenvolvimento de novas cultivares (OLIVEIRA et al., 2013; PERINA et al., 2014; SANTOS et al., 2016). Essas características tecnológicas podem ser afetadas pela constituição genética, associadas às condições do ambiente e ao armazenamento (DALLA CORTE et al., 2003; COELHO et al., 2009; PERINA et al., 2014).

2.4. Capacidade de hidratação como uma característica auxiliar ao tempo de cocção

A capacidade dos grãos absorverem mais água tem sido associada ao menor tempo de cocção, e esta característica tem grande relevância para a aceitação de uma nova cultivar (RODRIGUES et al., 2005a). Em um estudo realizado por Santos et al. (2016), com o objetivo de selecionar genótipos com qualidade comercial superiores de grãos e

menor tempo de cocção, foram avaliados o tempo de cocção e capacidade de hidratação em 14 genótipos (cultivares: BRS Valente, Guapo Brilhante, Pérola, Carioca e mais 10 linhagens). Uma moderada correlação negativa foi observada entre a capacidade de absorção de água e tempo de cozimento ($r = -0,6787$), indicando que os grãos dos genótipos que hidratam mais demoram menos tempo para cozinhar.

Por outro lado, em estudo realizado por Mingotte et al. (2013), ao avaliar características tecnológicas em feijão carioca, testou a capacidade de hidratação e tempo de cocção de 17 cultivares comerciais (Pérola, BRS Cometa, BRS Pontal, dentre outras). Os grãos das cultivares foram deixados embebidos em água destilada por 12 horas, a cada hora foi quantificado o volume de água não absorvido pelos grãos. Os autores observaram ausência de associação entre menor tempo de cocção e maior capacidade de hidratação. Independentemente do tempo para as cultivares atingirem sua máxima hidratação, o tempo de cozimento foi baixo, em média 19 minutos. Ausência de associação entre a maior capacidade de hidratação e o menor tempo de cocção também foram encontrados por Lemos et al. (2004) e Coelho et al. (2008).

A absorção de água pelos grãos é um processo físico e varia de acordo com a permeabilidade do tegumento (sua espessura e sua composição), com a composição química (grãos com maior teor de proteínas absorvem água mais rapidamente que grãos ricos em amido), com as condições fisiológicas (grãos imaturos e com certo grau de deterioração absorvem mais água) e com a temperatura (a absorção de água aumenta com a temperatura, dentro de certos limites) (SOUZA, 2003).

A redução da capacidade de hidratação de água dos grãos resulta no efeito “hard-to-cook” (difícil de cozinhar). Nesse caso, os grãos requerem um tempo prolongado de cozimento para amolecerem, ou mesmo não amolecem, mesmo após um cozimento prolongado em água fervente. Quando o armazenamento dos grãos ocorre em ambiente de baixa umidade e altas temperaturas, ocorre o aparecimento do efeito “hardshell” (casca dura), condição em que aos grãos maduros e secos que não absorvem água quando embebidos por períodos relativamente longos (BOURNE, 1967).

A cocção é fundamental para que os grãos de feijão possam ser consumidos, pois assegura a inativação dos elementos antinutricionais e proporciona a manifestação das propriedades sensoriais de sabor e textura exigidos pelos consumidores (YOKOYAMA & STONE, 2000). A avaliação do tempo de cocção nos programas de melhoramento genético do feijoeiro, é feita através do cozedor de Mattson apenas para linhagens em testes finais de recomendação como uma nova cultivar (CARVALHO et al., 2017). Esses

programas de melhoramento avaliam grande número de linhagens em curto espaço de tempo (CARVALHO et al., 2017). Assim a metodologia oficial disponível para avaliar o tempo de cocção dos grãos de feijão torna-se impraticável nestes casos, uma vez que muito tempo é gasto nesse processo.

O conhecimento do sentido e do grau de associação de características, como a capacidade de hidratação e o tempo de cocção, pode contribuir para aumentar a eficiência na seleção de linhagens superiores em um programa de melhoramento. Entretanto, devido ao reduzido número de linhagens utilizadas nos estudos a esse respeito, faz-se necessário a realização de estudos adicionais, especialmente, aumentando o número de genótipos a serem avaliados.

3. OBJETIVOS

Caracterizar cultivares de feijão preto e carioca, recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil, quanto às características relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos: massa de 100 grãos, capacidade de hidratação com 4, 8 e 12 horas e tempo de cocção, visando verificar se existe associação linear entre essas características.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material genético

Foram avaliadas 104 cultivares de feijão-comum (49 cultivares do tipo preto e 55 cultivares do tipo carioca), recomendadas por diferentes instituições de pesquisa do Brasil entre os anos de 1959 e 2015 (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Cultivares de feijão preto, e respectivas instituições de origem e ano de recomendação

Cultivar	Instituição	Ano	Cultivar	Instituição	Ano
Rico 23	UFV ¹	1959	Xamego	PESAGRO/EMBRAPA	1993
Rio Tibagi	Fepagro ²	1971	IAPAR 65	IAPAR	1993
Moruna	IAC ³	1978	IAC Maravilha	IAC	1993
Capixaba Precoce	INCAPER ⁴	1980	IAC uma	IAC	1994
Iraí	IPAGRO ⁵	1981	Meia Noite	EPAMIG/UFV	1994
Milionário 1732	UFV/EPAMIG ⁶	1983	IPR Uirapurú	IAPAR	2000
Rico 1735	UFV/EPAMIG	1983	BRS Valente	EMBRAPA	2001
IAPAR 8 Rio Negro	IAPAR ⁷	1983	IPR Graúna	IAPAR	2002
Grande Rio	PESAGRO ⁸ /EMBRAPA ⁹	1985	BRS Campeiro	EMBRAPA	2003
Ipanema	PESAGRO/EMBRAPA	1985	BRS Grafite	EMBRAPA	2003
Xodó	PESAGRO/EMBRAPA	1985	BRS Supremo	EMBRAPA	2004
FT 120	FT-Sementes ¹⁰	1986	IPR Chopin	IAPAR	2004
IAPAR 20	IAPAR	1987	IAC Tunã	IAC	2005
Macanudo	EMBRAPA	1989	BRS Esplendor	EMBRAPA	2006
Pampa	EMBRAPA	1989	IPR Tiziu	IAPAR	2006
Barriga Verde	EMBRAPA	1990	BRS Expedito	EMBRAPA	2007
IAPAR 44	IAPAR	1990	IPR Gralha	IAPAR	2007
Preto Uberabinha	IPEACO ¹¹	1990	IAC Diplomata	IAC	2007
Diamante Negro	EMBRAPA/EMGOPA ¹²	1991	BRS Agreste	EMBRAPA	2009
Varre-Sai	PESAGRO/EMBRAPA	1991	IPR Tuiuiu	IAPAR	2010
Minuano	EMBRAPA	1991	BRS Esteio	EMBRAPA	2012
Macotaço	EMBRAPA	1991	VP 33	UFV	2013
Ouro Negro	UFV/EPAMIG	1992	VP 22	UFV	2013
Ônix	EMBRAPA	1992	IPR Inhambu	IAPAR	2015
BR-IPA 10	IPA ¹³ /EMBRAPA	1992			

⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa; ⁽²⁾Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária; ⁽³⁾Instituto Agronômico de Campinas; ⁽⁴⁾Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural; ⁽⁵⁾Instituto de Pesquisas Agronômicas; ⁽⁶⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; ⁽⁷⁾Instituto Agronômico do Paraná; ⁽⁸⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro; ⁽⁹⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; ⁽¹⁰⁾Empresa privada; ⁽¹¹⁾Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro-Oeste; ⁽¹²⁾Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária; ⁽¹³⁾Instituto Agronômico de Pernambuco.

Tabela 2. Cultivares de feijão carioca, e suas respectivas instituições de origem e ano de recomendação

Cultivar	Instituição	Ano	Cultivar	Instituição	Ano
Carioca	IAC ⁽¹⁾	1970	IPR Saracura	IAPAR	2004
Carioca 80	IAC	1980	IPR Colibri	IAPAR	2004
IAC Aysó	IAC	1980	BRS Horizonte	EMBRAPA	2004
IAPAR 80	IAPAR ⁽²⁾	1980	BRSMG Pioneiro	UFV	2005
Carioca MG	UFLA ⁽³⁾	1982	IAC Votuporanga	IAC	2005
IAPAR 16	IAPAR	1986	IAC Ybaté	IAC	2005
Rio Doce	INCAPER ⁽⁴⁾	1987	IAC Apuã	IAC	2005
IAC Carioca	IAC	1987	BRS Cometa	EMBRAPA	2006
Carioca 1070	IAC	1989	IPR Eldorado	IAPAR	2006
IAPAR 31	IAPAR	1991	IPR Siriri	IAPAR	2006
Aporé	EMBRAPA ⁽⁵⁾	1992	IAC Alvorada	IAC	2007
TPS Bonito	FT-Sementes ⁽⁶⁾	1992	IPR 139	IAPAR	2007
IAPAR 57	IAPAR	1992	IPR Tangará	IAPAR	2008
IAC Aruã	IAC	1993	BRS Estilo	EMBRAPA	2009
Pérola	EMBRAPA	1994	BRS Notável	EMBRAPA	2011
Rudá	EPAMIG/EMBRAPA	1994	IAC Formoso	IAC	2011
IAC Pyatã	IAC	1994	IPR Campos Gerais	IAPAR	2011
BR IPA 11 Brígida	IPA ⁽⁸⁾ /EMBRAPA	1994	BRS Ametista	EMBRAPA	2011
Rudá R	UFV ⁽⁹⁾	1995	BRSMG Madrepérola	UFV	2012
IAC Akytã	IAC	1996	VC 15	UFV	2013
IAPAR 81	IAPAR	1997	IPR Andorinha	IAPAR	2013
Princesa	EMBRAPA	1997	IAC Imperador	IAC	2013
Porto Real	FT-Sementes	1998	VC 17	UFV	2013
BRSMG Talismã	UFLA	2002	IPR Curió	IAPAR	2013
BRS Requite	EMBRAPA	2003	IPR Quero-Quero	IAPAR	2014
BRS Pontal	EMBRAPA	2004	IPR Bem-te-vi	IAPAR	2014
BRSMG Majestoso	UFLA	2004	BRSMG UAI	UFLA	2015
SCS Guará	EPAGRI ⁽¹⁰⁾	2004			

⁽¹⁾Instituto Agronômico de Campinas; ⁽²⁾Instituto Agronômico do Paraná; ⁽³⁾Universidade Federal de Lavras; ⁽⁴⁾Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural; ⁽⁵⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; ⁽⁶⁾Empresa privada; ⁽⁷⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; ⁽⁸⁾Instituto Agronômico de Pernambuco; ⁽⁹⁾Universidade Federal de Viçosa; ⁽¹⁰⁾Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

4.2. Produção e armazenamento dos grãos para as avaliações

Os grãos utilizados nas avaliações de qualidade tecnológica foram provenientes de experimentos conduzidos na safra de inverno de 2016 e de 2017, com a semeadura realizada no início de agosto. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de dois metros, com 15 sementes por metro e espaçamento entre linhas de 0,50 m, considerando úteis as duas linhas centrais (2 m²). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. O preparo do solo e demais tratamentos culturais foram feitos de acordo com o recomendado para a cultura do feijoeiro na região (ARAÚJO et al., 2015). As plantas das duas linhas úteis foram colhidas manualmente no estágio de vagem madura (R9) e seus grãos utilizados na avaliação da massa de 100 grãos, capacidade de hidratação e tempo de cocção. Para a avaliação da massa de 100 grãos foram utilizadas amostras de grãos de cada uma das três repetições. Para avaliação da capacidade de hidratação e tempo de cocção foram utilizadas amostras de grãos da primeira repetição. Estas amostras de grãos foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas por 60 dias em câmara fria a uma temperatura de aproximadamente 8 °C e umidade relativa de 40%.

4.3. Avaliação da qualidade tecnológica dos grãos

4.3.1. Massa de 100 grãos

Amostras de 100 grãos de cada repetição, foram selecionadas aleatoriamente de cada cultivar para determinar a massa de 100 grãos (M100G).

4.3.2. Capacidade de hidratação

A capacidade de hidratação (CH), em percentagem, foi determinada numa amostra de 50 grãos, inteiros e uniformes. Estes foram pesados e em seguida embebidos em 100 mL de água destilada à temperatura ambiente por 12 horas. Em intervalos de quatro horas (CH 4 h, CH 8 h e CH 12 h), os grãos foram retirados e parcialmente secos em papel toalha e, em seguida, pesados. Depois, os grãos foram colocados de volta aos recipientes com água, e o processo repetido até 12 horas de hidratação. A percentagem de água absorvida pelos grãos foi calculada utilizando a fórmula: [(massa do grão hidratado –

massa do grão seco) / massa do grão seco] x 100 (BERRIOS et al., 1999). Para essa avaliação foram utilizadas duas repetições.

4.3.3. Tempo de cocção

O tempo de cocção (TC), em minutos, foi determinado com auxílio do cozedor de Mattson (MATTSON, 1946), modificado por PROCTOR & WATTS (1987). O aparelho é composto por 25 estiletes metálicos posicionados verticalmente em orifícios suporte. Cada estilete apresenta massa de 90 g e ponta de 1,48 mm de diâmetro, que se apoiam sobre cada grão de feijão durante o cozimento. Uma amostra de 70 grãos, inteiros e uniformes, foi embebida em 100 mL de água destilada, por 12 horas, à temperatura ambiente. Desses 70 grãos, 25 foram escolhidos de forma aleatória e acomodados, individualmente, nas cavidades do aparelho sob a ação dos estiletes. O aparelho foi mantido submerso em 1200 mL de água destilada fervente, num recipiente de alumínio com capacidade para 3000 mL. O TC foi cronometrado do início da fervura da água até a queda do 13º estilete. Foram utilizadas duas repetições.

4.4. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância individual, assumindo blocos e cultivares como aleatório, conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + B_k + C_i + E_{ik}$$

em que: Y_{ik} é o valor observado da cultivar i no bloco k ; m representa a média geral; B_k é o efeito de bloco k ; C_i é o efeito da cultivar i e E_{ik} o efeito residual.

Para verificar se existe interação entre cultivares x anos, utilizou-se o seguinte modelo de análise conjunta:

$$Y_{ijk} = m + C_i + B/A_{jk} + A_j + CA_{ij} + E_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} é o valor observado do cultivar i no bloco k dentro do ano j ; m representa a média geral; C_i é o efeito do cultivar i (aleatório); B/A_{jk} é o efeito de bloco k dentro de

ano j (aleatório); A_j é o efeito de ano j (fixo); CA_{ij} é o efeito da interação entre cultivar i e ano j e E_{ijk} o efeito residual.

Dessa forma, assume-se que, $C_i \sim N(0, \sigma_c^2)$; $B/A_{jk} \sim N(0, \sigma_{b/a}^2)$; $CA_{ij} \sim N(0, \sigma_{ca}^2)$; e $E_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$, onde: σ_c^2 é o componente de variância de cultivar; $\sigma_{b/a}^2$ é o componente de variância de bloco dentro de ano; σ_{ca}^2 é o componente de variância da interação cultivar x ano e σ_e^2 é o componente de variância residual.

Para avaliar a homogeneidade das variâncias residuais, utilizou-se a razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios. Por meio do teste $F_{\text{máximo}}$, as variâncias foram consideradas homogêneas quando a razão foi menor que 7,0 (PIMENTEL-GOMES, 1990).

Utilizou-se o teste de Dunnett (1955) para comparar as médias fenotípicas das cultivares avaliadas em relação às cultivares Ouro Negro e Pérola, usadas como testemunhas. A razão para que se tenha utilizado essas duas cultivares como padrões, está fundamentada no fato de que elas apresentam boas características tecnológicas, além de serem muito cultivadas no Brasil. Os efeitos de cultivares e blocos foram considerados como fixos.

De posse das médias fenotípicas, foram estimadas as correlações simples entre as características e visando remover o efeito das demais variáveis sobre a associação de duas outras variáveis estudadas, estimaram-se as correlações parciais. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do software Genes (CRUZ, 2013), sendo as figuras elaboradas por meio da função “ggcorrplot” do pacote “ggplot 2” (KASSAMBARA, 2016), disponível no Software R (R CORE TEAM, 2018).

Correlação é uma medida de associação entre duas variáveis (CECON et al., 2012). O coeficiente de correlação simples, entre as características deste estudo, foi obtido pela seguinte expressão:

$$r_{ij} = \frac{C\hat{v}(i,j)}{\sqrt{V(i)V(j)}}$$

em que: r_{ij} é coeficiente de correlação simples fenotípica entre duas variáveis aleatórias i e j ; $C\hat{v}(i,j)$ é a covariância entre as variáveis aleatórias i e j e $V(i)V(j)$ as variâncias das variáveis aleatórias i e j , respectivamente.

Uma medida mais informativa sobre a associação entre as variáveis é o coeficiente de correlação parcial, que é estimado removendo-se os efeitos de outras variáveis sobre a

associação estudada (CRUZ et al., 2012). Para obter o coeficiente de correlação parcial entre duas variáveis *i* e *j*, removendo o efeito de outras variáveis, foi utilizada a seguinte expressão:

$$r_{ij.m} = \frac{-a_{ij}}{\sqrt{a_{ii}a_{jj}}}$$

em que: $r_{ij.m}$ é o coeficiente de correlação fenotípica parcial entre duas variáveis aleatórias *i* e *j* após removidos os efeitos de *m* (demais variáveis); a_{ij} é o elemento de ordem *ij* da inversa da matriz de correlação simples; a_{ii} é o elemento de ordem *ii* e a_{jj} é o elemento de ordem *jj*, com *i* e *j* variando de 1 a 5 (CRUZ et al., 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2. Análises de variância individuais e conjuntas

Considerando as características avaliadas, os coeficientes de variação experimentais (CV's) foram menores que 10 %, indicando boa precisão experimental (Tabela 3). Em outros estudos relacionadas à qualidade tecnológica de cultivares de feijão foram observados CV's variando de 1,21 % a 12,18 % (RODRIGUES et al., 2005b; COELHO et al., 2008 e MINGOTTE et al., 2013).

Observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) de cultivares para todas as características nos dois anos de avaliação (Tabela 3), o que indica existência de variabilidade genética entre as cultivares. Esses resultados corroboram com os observados por Bordin et al. (2010), que avaliaram 22 genótipos, dentre eles crioulos e comerciais (Pérola, IPR Uirapurú, BRS Valente e IAPAR 81), para qualidade tecnológica e verificaram variação na capacidade de hidratação e tempo de cocção entre os genótipos avaliados.

A fonte de variação cultivares foi desdobrada em cultivares dos grupos preto e carioca (Tabela 3). Considerando esse desdobramento, verificou-se variabilidade genética para todas as características, nos dois anos de avaliação. Ao se contrastar as médias dos grupos, os feijões de grãos pretos apresentaram menor M100G. Quanto à capacidade de hidratação, só houve diferença significativa entre os grupos para CH 8 h e CH 12 h. Os feijões do grupo preto apresentaram em média maior capacidade de hidratação comparado aos do grupo carioca. Para tempo de cocção, os feijões do grupo preto, em

média, apresentaram menor tempo de cocção que os feijões do grupo carioca, entretanto só houve diferença significativa nas avaliações realizadas com base no experimento de 2017.

A razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo das análises individuais para cada variável foi sempre menor que 4,0. Conforme Pimentel-Gomes (1990), a razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo, quando inferior a 7,0, indica que há homogeneidade de variâncias residuais, uma pressuposição para a análise conjunta de variância.

Constatou-se efeito significativo de cultivares ($p < 0,01$) pela análise de variância conjunta sobre todos os caracteres (Tabela 4). Efeitos significativos de genótipos de feijão sobre capacidade de hidratação e tempo de cocção foram relatados anteriormente por Mingotte et al. (2013) e Santos et al., (2016). Considerando a interação cultivares x anos, também foi observado efeito significativo ($p < 0,01$), indicando que houve comportamento diferencial das cultivares, quanto aos caracteres avaliados, nos diferentes anos. Esse fato revela a existência de elevada variabilidade genética entre as cultivares avaliadas neste estudo, pois mesmo na presença de interação, esta não foi suficiente para consumir toda a variabilidade existente entre cultivares (CRUZ et al., 2012).

Tabela 3. Resumo das análises de variância da massa de 100 grãos, em gramas (M100G), capacidade de hidratação, em %, com 4 h (CH 4 h), 8 h (CH 8 h) e 12 h (CH 12 h) e tempo de cocção, em minutos (TC) de cultivares de feijão avaliadas nos anos de 2016 e 2017, em Coimbra, MG.

Fontes de Variação	GL ¹	QM									
		M100G		CH 4 h		CH 8 h		CH 12 h		TC	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Blocos	1	10,68	3,87	167,44	379,09	438,61	88,42	49,78	44,47	0,01	2,99
Cultivares	103	17,86**	26,11**	242,16**	443,83**	43,31**	71,16**	24,77**	24,17**	41,71**	24,09**
Grupo Preto	48	629,75**	1017,27**	9025,59**	14004,66**	1802,89**	2555,24**	889,61**	1187,13**	2198,71**	956,32**
Grupo Carioca	54	851,85**	1177,83**	15907,53**	29625,20**	2641,20**	4345,89**	1636,04**	1143,04**	2096,88**	1512,60**
Entre Grupos	1	358,18**	494,56**	9,61 ^{ns}	2084,79**	17,478*	428,98**	26,39**	159,65**	1,08 ^{ns}	13,16**
Resíduo	103	1,39	2,24	61,04	14,87	3,76	5,68	3,32	4,40	2,18	0,81
Média geral		21,58	24,60	78,39	68,78	93,75	88,96	96,56	93,36	29,02	29,05
Média grupo Preto		20,45	23,27	78,61	72,13	94,06	90,48	96,94	94,29	28,94	28,79
Média grupo Carioca		22,59	25,79	78,18	65,79	93,48	87,60	96,22	92,53	29,09	29,29
CV(%)		5,46	6,08	9,97	5,61	2,07	2,68	1,89	2,25	5,09	3,09

¹: para M100G, os graus de liberdade para bloco igual a e para o resíduo igual a 206

** , * : significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente pelo teste de F

^{ns}: não significativo

Tabela 4: Resumo das análises de variância conjunta da massa de 100 grãos, em gramas (M100G), capacidade de hidratação, em %, com 4 h (CH 4 h), 8 h (CH 8 h) e 12 h (CH 12 h) e tempo de cocção, em minutos (TC) de cultivares de feijão avaliadas nos anos de 2016 e 2017, em Coimbra, MG

FV	GL ¹	QM				
		M100G	CH 4h	CH 8h	CH 12h	TC
Blocos/Anos	2	7,27	273,26	263,51	47,13	1,49
Cultivares (C)	103	39,18**	545,33**	90,69**	37,79**	41,62**
Grupo Preto (GP)	48	1461,19**	18889,73**	3848,27**	1650,81**	34,21**
Grupo Carioca (GC)	54	1727,65**	36090,48**	5183,74**	2083,56**	48,79**
Entre Grupos	1	847,25**	1188,74**	309,82**	157,94**	10,90**
Anos (A)	1	1425,22**	9600,62**	2391,15*	1064,69*	0,12ns
C x A	103	4,79**	140,66**	23,78**	11,16**	24,18**
GP x A	48	3,87**	2,27**	2,25**	8,87**	31,52**
GC x A	54	5,59**	4,60**	7,07**	12,88**	18,05**
Entre Grupos x Anos	1	5,48 ^{ns}	905,66**	136,63**	28,10**	3,34 ^{ns}
Resíduo	206	1,81	37,95	4,71	3,85	1,49

¹: para M100G, o grau de liberdade para Blocos/Ano igual a 4 e para Resíduo igual a 412

**,: significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente pelo teste de F

^{ns} não significativo

5.3. Médias fenotípicas das características M100G, CH 4 h, CH 8 h, CH 12 h e TC

As médias fenotípicas das características e o teste de comparação de médias em relação às testemunhas, Ouro Negro e Pérola (Dunnett, 1955), para as cultivares de feijão preto e carioca, são apresentadas nas tabelas 5 e 6, respectivamente.

Dentre as cultivares de feijão preto (Tabela 5), IAC Tunã, VP 22, BRS Campeiro, IPR Tiziu, IAC Una, BRS Agreste, BRS Expedito, IPR Uirapurú, IPR Tuiuiú, IAC Maravilha e BRS Grafite, apresentaram grãos mais graúdos, ou seja, M100G maior que da testemunha Ouro Negro, com 19,5 g, no ano de 2016. A cultivar IAC Tunã, com 25 g/100 grãos, foi a de maior média. Todas as cultivares referidas anteriormente, também se destacaram em 2017, com médias iguais a da cultivar Ouro Negro (28,5 g/100 grãos).

Para CH 12 h, que é o tempo de hidratação normalmente utilizado no pré-cozimento do feijão, de modo geral as cultivares apresentaram capacidade de hidratação alta, acima de 90 % (Tabela 5). Tanto em 2016, quanto em 2017, mais da metade das cultivares apresentaram capacidade de hidratação igual ao da cultivar testemunha Ouro Negro. Nenhuma cultivar superou a Ouro Negro quanto a este atributo. Isso já era

esperado uma vez que a cultivar Ouro Negro é referência em termos de qualidade tecnológica de grãos.

De modo geral as cultivares de feijão preto apresentaram TC favorável nos dois anos de avaliação (Tabela 5). Em 2016, 37 das 48 cultivares avaliadas se equipararam a cultivar Ouro Negro quanto ao TC. As cultivares Preto Uberabinha, IAPAR-8 Rio Negro, BRS Expedito, Meia Noite, Varre-Sai, BR-3 Ipanema, IAPAR 44, FT 120 e Rio Tibagi apresentaram menor TC que Ouro Negro. Em 2017, 26 cultivares se equipararam a Ouro Negro e a cultivar Xamego, com 23,3 minutos TC foi a que apresentou o menor tempo de cocção, diferindo estatisticamente da testemunha Ouro Negro.

Tabela 5. Médias da massa de 100 grãos, em gramas (M100G), capacidade de hidratação, em %, com 4 h (CH 4 h), 8 h (CH 8 h), 12 h (CH 12 h) e tempo de cocção, em minutos (TC) de cultivares de feijão preto avaliadas nos anos de 2016 e de 2017, em Coimbra, MG.

Cultivar	Safrinha inverno 2016					Safrinha inverno 2017				
	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min
Capixaba Precoce	21,2a	70,4a	99,8a	100,5a	32,4a	24,2	90,6a	96,8a	98,3a	24,8a
BRS Valente	22,0a	89,1a	93,1	96,2	31,5a	24,7	70,6	86,9	91,0	31,1
BRS Campeiro	23,2	72,9a	95,4a	99,2a	28,3a	26,4a	65,4	88,5	94,3a	24,8a
BRS Grafite	22,4	81,3a	95,4a	96,9a	38,8	26,9a	75,7	90,2	93,1	27,1a
BRS Supremo	19,0a	94,9a	99,2a	100,5a	32,7a	24,1	81,8a	94,0a	97,6a	29,5a
BRS Esplendor	20,3a	87,1a	94,4a	96,1	28,8a	20,7	83,5a	94,6a	97,1a	32,1
BRS Expedito	22,8	82,6a	97,2a	100,3a	23,5	26,0a	82,2a	93,3a	95,5a	28,7a
Diamante Negro	21,3a	80,7a	99,9a	101,5a	28,3a	27,8a	77,3a	92,7a	95,7a	29,4a
Onix	20,2a	85,5a	96,6a	97,9a	26,3a	22,6	77,5a	93,7a	96,4a	34,5
Xamego	18,5a	85,2a	93,3	95,6	28,4a	20,4	83,9a	92,6a	94,7a	23,4
Barriga Verde	20,5a	80,4a	96,6a	96,6a	27,4a	24,4	71,8	83,7	85,8	26,3a
VP 33	20,8a	73,2a	93,3	95,7	29,0a	23,3	62,0	88,5	92,1	27,1a
VP 22	24,0	89,2a	99,9a	101,3a	29,8a	28,4a	82,0a	92,8a	96,1a	30,0
Milionário 1732	18,0a	78,5a	94,2a	96,9a	28,5a	18,7	81,4a	95,6a	98,1a	28,8a
Rico 1735	16,3	89,8a	97,4a	98,8a	30,1a	20,5	88,8a	95,8a	97,5a	26,2a
FT 120	18,7a	85,1a	94,5a	96,1	25,4	20,9	65,2	89,9	93,3a	27,5a
Moruna	19,4a	77,5a	95,5a	98,7a	27,3a	24,6	79,4a	93,8a	96,2a	24,5a
IAC Una	23,0	81,1a	90,3	91,7	30,1a	25,3a	68,7	90,9a	93,2	25,0a
Rio Tibagi	18,2a	84,3a	96,8a	97,5a	25,4	20,3	85,2a	94,1a	95,6a	26,1a

Continua...

Cultivar	Safrinha inverno 2016					Safrinha inverno 2017				
	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min
IAPAR 8 Rio Negro	18,2a	84,3a	96,9 ^a	99,8a	22,4	18,6	86,2a	93,1a	94,8a	27,5a
IAPAR 20	18,0a	71,0a	93,9 ^a	96,3a	28,2a	19,3	86,7a	93,6a	95,1a	30,5
IAPAR 44	19,7a	70,0a	89,4	94,4	25,1	20,6	55,7	86,0	91,5	33,3
IAPAR 65	18,0a	84,0a	92,7	94,6	33,2a	20,7	85,9a	96,1a	97,7a	24,7a
IPR Tuiuiu	22,6	82,5a	93,1	95,8	30,0a	25,7a	83,2a	91,8a	94,1a	31,4
BR IPA 10	18,2a	89,1a	100,0a	102,5a	30,9a	20,5	83,0a	97,0a	99,2a	35,0
Iraí	21,9a	75,2a	88,1	92,3	54,2	23,5	54,1	86,8	93,2	28,6a
Macanudo	19,5a	75,5a	92,3	94,5	26,4a	21,8	71,3	91,9a	95,1a	25,4a
Preto Uberabinha	16,2	78,3a	96,2 ^a	99,5a	22,3	19,8	71,8	93,39a	97,56a	27,6a
Grande Rio	20,3a	85,3a	95,6 ^a	97,5a	30,7a	22,9	81,0a	97,2a	99,5a	25,2a
Ipanema	20,0a	58,2	86,2	96,2	24,8	23,0	42,9	77,5	88,9	30,3
Xodó	21,0a	81,4a	100,8 ^a	103,7a	27,3a	22,9	76,1	94,7a	98,0a	27,0a
Varre-Sai	17,7a	80,1a	96,3 ^a	96,5a	24,7	19,6	67,5	91,3a	95,1a	28,9a
Rico 23	17,0a	82,6a	95,5 ^a	96,1	27,0a	20,0	68,5	93,9a	97,4a	32,9
IPR Uirapurú	22,7	77,6a	91,8	95,0	30,6a	25,5a	73,1	90,2	96,2a	38,6
IPR Gralha	21,2a	81,7a	92,2	93,7	30,8a	22,2	72,2	88,9	92,7	32,4
IPR Graúna	22,3a	79,4a	94,1 ^a	98,1a	30,1a	25,6a	70,2	86,5	91,2	29,7
IPR Tiziu	23,0	82,2a	93,4	95,7	26,5a	25,8a	78,3a	91,2a	93,2	30,1
Pampa	21,0a	81,1a	96,6 ^a	101,4a	27,6a	23,3	48,6	86,4	93,8a	28,3a
IAC Tunã	25,0	77,7a	92,2	94,0	29,9a	25,8a	56,4	81,7	87,3	30,8
BRS Esteio	21,0a	35,5	76,6	93,9	31,4a	26,0a	43,7	72,3	84,9	31,3
Meia Noite	21,4a	56,1	98,1 ^a	100,1a	24,3	23,3	55,8	92,7a	98,9a	24,6a
Minuano	19,1a	69,1a	87,9	91,5	26,7a	23,0	58,7	85,0	89,0	29,9
BRS Agreste	23,0	78,3a	93,1	98,7a	27,3a	24,2	77,5a	92,7a	95,4a	25,3a
Macotaço	17,7a	69,1a	89,9	93,8	33,0a	19,9	59,0	86,0	92,8	31,6
IAC Diplomata	22,1a	82,0a	93,1	94,7	26,9a	24,3	71,6	87,3	90,4	29,8
IAC Maravilha	22,5	81,4a	91,9	93,5	26,6a	26,7a	65,2	90,9a	94,4a	27,4a
IPR Chopin	21,2a	72,1a	87,3	90,6	27,3a	22,0	57,3	81,5	87,9	29,4a
IPR Nhambu	21,9a	79,2a	91,8	96,3a	30,8a	25,1a	72,8	90,0	94,0a	29,8
Ouro Negro (Testemunha)	19,5a	83,8a	99,4 ^a	101,6a	29,8a	28,6a	87,9a	97,7a	99,5a	26,8a

a: Não diferem significativamente a 5% de probabilidade da cultivar testemunha pelo teste de Dunnett (1955).

Na Tabela 6 são apresentadas as médias de M100G, CH 4 h, CH 8 h, CH 12 h e TC das 55 cultivares de feijão carioca avaliadas no inverno de 2016 e 2017. Quanto à M100G, avaliada em 2016, 13 cultivares de feijão do grupo carioca se equipararam à testemunha Pérola, padrão em termos de tamanho de grão neste grupo comercial. Já em 2017, 25 cultivares não diferiram do Pérola, entretanto nenhuma cultivar superou esta cultivar nesse quesito. Considerando os dois anos de avaliação, 12 cultivares (BRS Pontal, BRS Estilo, VC 15, IAC Apuã, IAC Alvorada, IAC Formoso, IPR Tangará,

BRSMG Madrepérola, IPR 139, IAPAR 81, BRS Horizonte e BRS Ametista) não diferiram do Pérola e apresentaram as maiores médias de M100G (Tabela 6).

De modo geral as cultivares de feijão carioca apresentaram elevada CH 12 h, sendo que a maioria se equiparou à capacidade de hidratação da testemunha Pérola (Tabela 6). Em 2017, por exemplo, 49 das 54 cultivares avaliadas foram estatisticamente iguais ao Pérola, que apresentou CH 12 h de 94,4 %. Cabe ressaltar, que há outras cultivares de feijão carioca superiores a cultivar Pérola para capacidade de hidratação com 4 h em ambos os anos avaliados.

O tempo de cocção das cultivares de feijão carioca variou consideravelmente, conforme pode-se observar na Tabela 6. Em 2016, 37 cultivares apresentaram TC igual ao Pérola (26,3 minutos). Dezesesseis cultivares tiveram maior TC que Pérola e 14 menores que Pérola. Em 2017, o resultado também não foi diferente, com a maioria das cultivares (38) não diferindo do Pérola. Entre as cultivares com menor tempo de cocção nos dois anos, destacam-se as cultivares TPS Bonito, Porto Real e VC 15 (Tabela 6).

Tabela 6. Médias da massa de 100 grãos, em gramas (M100G), capacidade de hidratação, em %, com 4 h (CH 4 h), 8 h (CH 8 h) e 12 h (CH 12 h) e tempo de cocção, em minutos (TC) de cultivares de feijão carioca avaliadas nos anos de 2016 e de 2017, em Coimbra, MG.

Cultivar	Safrinha inverno 2016					Safrinha inverno 2017				
	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min
BRS Requite	20,3	85,6a	91,8a	91,6	25,2a	23,2	58,3a	87,0a	91,2a	30,5a
BRS Pontal	24,3a	70,8a	90,8	93,8	40,6	26,3a	77,6	92,5a	95,9a	44,1
BRSMG Majestoso	21,6	79,9a	100,5a	102,8a	27,3a	26,9a	57,5a	87,7a	90,2a	27,2a
BRSMG Pioneiro	19,2	80,0a	92,7a	94,6	32,6	21,8	76,8	87,2a	89,8a	33,4
BRS Cometa	23,0	82,0a	97,6a	99,6a	30,3a	25,3	75,6	93,8a	97,8a	25,8a
BRS Estilo	25,0a	84,8a	98,0a	99,1a	27,6a	29,3a	70,2a	88,3a	92,2a	29,1a
BRS Notável	23,2	79,5a	93,7a	95,8	32,9	27,3a	68,0a	90,0a	93,7a	28,3a
Rio Doce	19,1	80,4a	93,7a	95,6	23,5a	20,5	75,2	91,4a	94,4a	30,2a
Rudá	20,4	84,0a	93,5a	93,7	27,4a	20,8	83,0	90,2a	91,9a	36,0
Aporé	23,8	86,9a	100,4a	103,4a	32,2	26,6a	74,9	90,4a	94,5a	31,5
SCS Guará	22,7	80,1a	92,4a	94,5	28,7a	26,3a	72,9a	88,6a	92,4a	28,0a
VC 15	24,2a	83,0a	95,3a	97,3a	23,2a	26,6a	74,7	89,8a	92,8a	24,7
TPS Bonito	22,1	86,3 ^a	97,7a	100,0a	20,7	25,4	63,3a	86,3a	91,8a	26,1a
Carioca 1070	19,0	80,9 ^a	88,9	89,9	30,7	24,2	67,0a	87,1a	90,5a	23,1
Carioca	18,6	91,6	97,9a	99,3a	34,3	24,5	76,2	89,3a	91,7a	30,1a

Continua...

Cultivar	Safrinha inverno 2016					Safrinha inverno 2017				
----------	-----------------------	--	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--

	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min	M100G	CH 4 h	CH 8 h	CH 12 h	TC min
Carioca 80	21,7	79,8a	89,9	93,0	25,8a	25,6	61,9a	85,1a	89,2a	28,8a
IAC Carioca	19,9	79,1a	91,4	93,1	27,6a	21,7	65,4a	89,0a	92,5a	28,6a
IAC Pyatã	22,8	59,5a	100,0	94,9	32,5	25,9	42,6	81,9	91,6a	30,7a
IAC Akytã	18,6	82,9a	97,2a	99,8a	24,2a	22,5	53,4a	89,0a	95,2a	28,4a
IAC Votuporanga	21,4	72,7a	89,6	93,1	28,5a	26,2a	71,1a	89,6a	91,3a	38,6
IAC Ybaté	23,1	77,8a	92,0a	94,7	33,8	27,3a	79,2	88,0a	89,7a	35,8
IAC Apuã	24,8a	28,7	70,2	85,4	41,7	27,4a	24,1	69,7	86,4	31,9
IAC Alvorada	25,1a	79,8a	96,0a	97,8a	27,2a	31,1a	79,5	91,8a	93,3a	24,4
IAC Formoso	26,8a	56,5a	94,7a	99,3a	28,8a	28,8a	52,3a	86,4a	92,7a	27,9a
IAPAR 16	22,4	81,5a	93,1a	94,9	34,6	25,9	34,7	65,3	83,7	30,7a
IAPAR 31	23,7	56,2a	90,2	94,2	41,7	23,1	74,0	92,3a	94,1a	30,4a
IAPAR 57	20,0	94,4	103,4	105,4a	23,9a	24,5	64,2a	93,5a	99,6a	28,0a
IPR Tangará	26,7a	88,6	101,0a	103,3a	29,0a	28,3a	70,8a	90,6a	93,8a	29,2a
BR IPA 11 Brígida	18,6	65,1a	88,8	93,2	29,2a	22,2	64,5a	86,0a	89,0a	27,9a
BRSMG Madrepérola	24,6a	71,4a	94,2a	97,6a	35,2	27,7a	25,2	68,2	86,4	26,8a
BRSMG Talismã	24,0a	80,5a	90,9	92,5	30,7	25,9	72,6a	90,3a	95,1a	26,9a
IPR 139	25,3a	55,5a	87,6	95,0	28,9a	27,6a	47,1	79,2	88,4a	28,0a
IPR Eldourado	20,1	78,7a	94,4a	99,5a	26,2a	26,1	65,4a	91,6a	96,5a	29,5a
IPR Campos Gerais	23,7	85,3a	95,6a	97,7a	26,5a	26,4a	77,6	90,2a	92,3a	30,4a
IPR Saracura	23,0	94,3	95,8a	98,9a	24,0a	26,2a	78,6	90,5a	93,6a	26,4a
IAPAR 81	24,7a	77,1a	96,5a	99,3a	31,6	26,3a	73,7a	91,2a	94,5a	30,6a
IPR Andorinha	22,5	81,8a	90,6	92,8	27,2a	27,6a	65,1a	81,9	87,3	29,0a
IPR Colibri	22,4	77,7a	88,2	91,0	30,3a	28,0a	73,8a	86,6a	89,6a	26,0a
IAC Imperador	21,2	81,7a	94,5a	97,1a	34,1	25,7	66,8a	86,8a	91,3a	33,0
Porto Real	23,1	77,8a	100,1a	102,4a	25,4a	25,4	24,9	83,1a	96,2a	22,3
IAC Aruã	21,4	94,0	97,7a	97,1a	27,4a	23,4	88,1	94,6a	92,0a	25,3
IAC Aysó	19,6	49,2a	89,0	99,6a	32,6	23,7	29,3	78,3	94,3a	36,2
Rudá R	22,9	80,9a	90,6	91,8	24,9a	25,9	81,5	88,9a	90,9a	28,7a
BRS Horizonte	24,7a	90,5	97,9a	96,6a	27,0a	26,2a	82,5	97,1	99,4a	28,6a
BRS Ametista	28,9a	87,4a	94,6a	95,6	22,6a	29,4a	84,2	92,4a	94,0a	26,9a
IAPAR 80	22,6	84,2a	93,1a	95,1	24,0a	22,5	73,5a	92,0a	95,9a	28,5a
Carioca MG	20,2	81,1a	91,4	96,3a	29,5a	22,7	76,2	93,1a	96,4a	31,1a
Princesa	21,6	61,6a	86,8	91,3	28,8a	24,0	30,2	77,7	88,4a	32,4
IPR Siriri	23,4	81,9a	91,3	93,7	27,1a	23,3	55,0a	87,1a	92,0a	28,8a
BRSMG Uai	22,2	86,5a	94,9a	96,5a	28,3a	24,8	82,3	93,3a	95,3a	29,6a
VC 17	23,9	86,8a	99,0a	101,1a	28,6a	28,6a	82,0	94,3a	96,8a	26,7a
IPR Quero-quero	22,8	84,6a	94,0a	94,2	31,2	25,8	78,9	91,9a	94,6a	28,2a
IPR Curió	21,5	84,1a	91,7a	93,8	30,4a	27,4a	52,7a	80,5	87,5	26,0a
IPR Bem-te-vi	23,5	83,7a	90,6	91,4	26,3a	26,4a	80,6	90,4a	93,2a	29,7a
Pérola (Testemunha)	26,7a	64,3a	97,4a	101,6a	26,3a	29,7a	62,5a	89,6a	94,4a	28,2a

a: Não diferem significativamente a 5% de probabilidade da cultivar testemunha pelo teste de Dunnett (1955)

Os programas de melhoramento de feijão têm priorizado a seleção de cultivares com M100G entre 23 e 30 g. Essa massa representa um tamanho de grão que atende às

preferências tanto dos consumidores quanto das empresas embaladoras (RAMALHO et al., 2004). Assim, as cultivares Ouro Negro e Pérola, cujos grãos se enquadram nesse padrão, têm sido utilizadas como referências para o tamanho de grão (CARBONELL et al., 2010).

Os resultados apresentados para capacidade de hidratação (Tabelas 5 e 6), podem estar relacionados com a composição estrutural do grão de cada cultivar (ESTEVES et al., 2002). Em geral, as cultivares de grãos pretos apresentaram menor amplitude de variação para CH 4 h em 2016 (variação de 35,5 % a 94,9 %) quando comparados aos feijões do grupo carioca (24,1 % a 88,1 %). Valores de capacidade de hidratação similares aos encontrados neste estudo foram observados em outros trabalhos (LEMOS et al., 2012; MINGOTTE et al., 2013; PERINA et al., 2014; SANTOS et al., 2016). De modo geral, genótipos alcançam a máxima % de hidratação com 12 horas de maceração

As cultivares avaliadas apresentaram tempo médio de cocção dos grãos de 29 minutos, independentemente do tipo de grão. Segundo ROGRIGUES et al. (2005a) os feijões para ter uma boa aceitação comercial devem cozinhar em até 30 minutos. A razão disso está diretamente ligada à economia de energia e tempo para o preparo dos grãos, uma vez que a procura por alimentos de rápido preparo e maior praticidade tem se tornado cada vez maior (PERINA et al., 2014). Além disso, longos tempos de cocção podem alterar a estrutura dos grãos, em nível celular e, conseqüentemente, perda de nutrientes dos grãos para o caldo (WASSIMI et al., 1988).

5.4. Correlações simples e parciais entre as características M100G, CH 4 h, CH 8h, CH 12 h e TC

Para verificar associação linear entre as características neste estudo, estimou-se as correlações simples e parciais utilizando-se dos valores fenotípicos. Em razão da interação significativa cultivares x anos, realizou-se o estudo de correlações em cada ano. Também foram estimadas as correlações com base nas cultivares de feijão preto e carioca, separadamente.

As figuras 1a e 1b mostram as estimativas de correlações simples e parciais considerando todas as cultivares avaliadas, nos anos de 2016 e 2017. As estimativas de correlações entre TC e as demais variáveis foram de baixa magnitude, o que indica ausência de associação linear entre esses pares de variáveis.

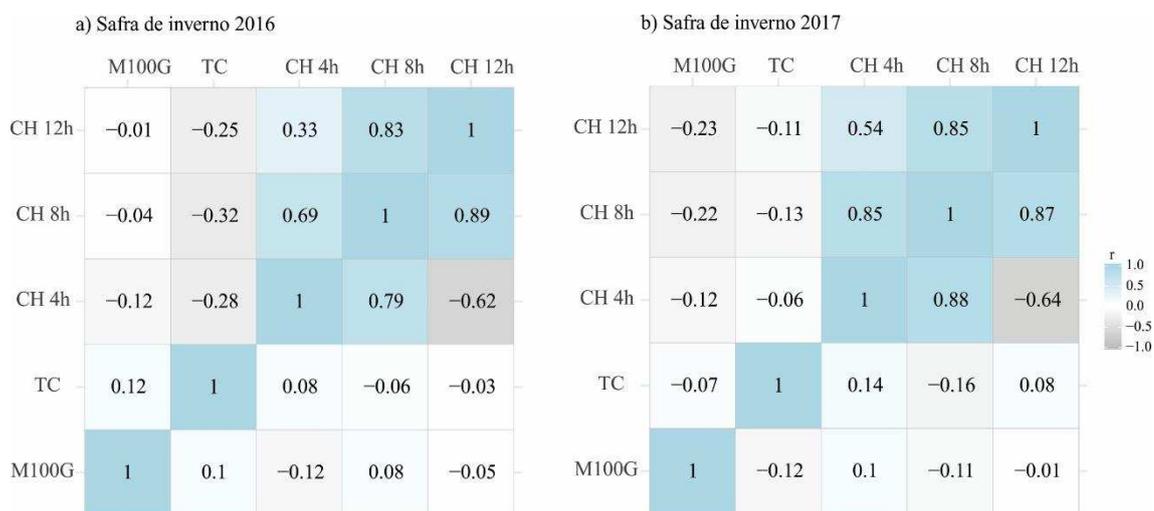


Figura 1. Correlações simples (acima da diagonal) e parciais (abaixo da diagonal) para as cultivares de feijão preto e carioca com base na análise conjunta dos dois anos de avaliação (2016 e 2017).

Quando se considera as correlações entre TC e CH com 4, 8 e 12 horas, e entre TC e M100G, dentro do grupo de cultivares de feijão preto, tanto em 2016 (Fig. 2a) quanto em 2017 (Fig. 2b), estas foram não significativas.

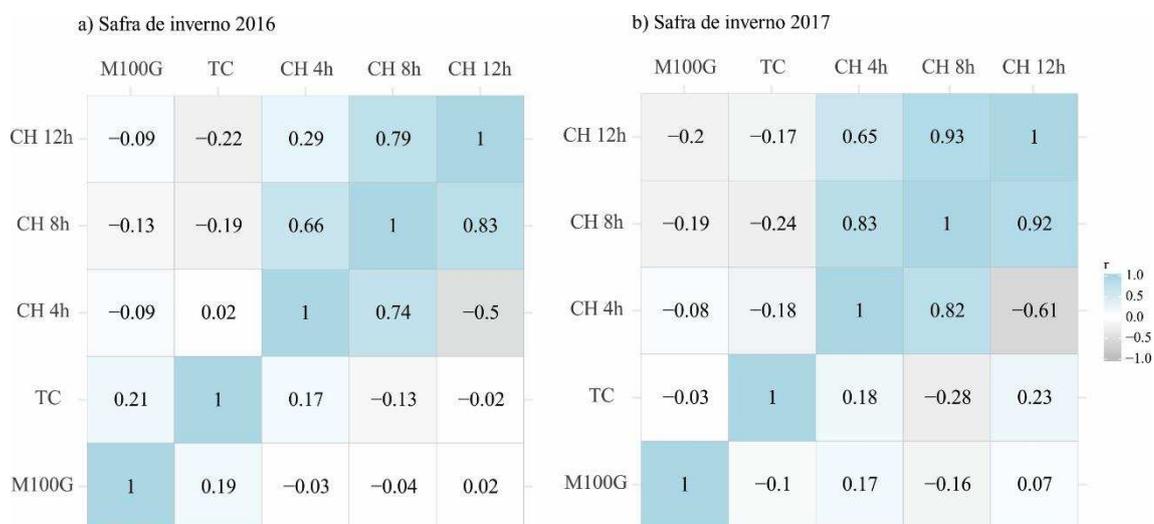


Figura 2. Correlações simples (acima da diagonal) e parciais (abaixo da diagonal) para as cultivares de feijão preto, nos anos de 2016 e 2017.

Quando se considera somente as cultivares de feijão carioca, houve correlação simples moderada e negativa entre TC e CH 4 h (-0,52) e TC e CH 8 h (-0,42), em 2016. Isso indica que quanto maior a CH com 4 h ou 8 h, menor é o TC. Entretanto, ao se remover a influência das demais variáveis sobre esses pares de características, observou-se correlações parciais de baixa magnitude. Em 2017 (Fig. 3b), tanto para as correlações

simples quanto para as parciais, o mesmo comportamento foi verificado, isto é, correlações de baixa magnitude entre TC e CH (4, 8 e 12h) e entre TC e M100G.

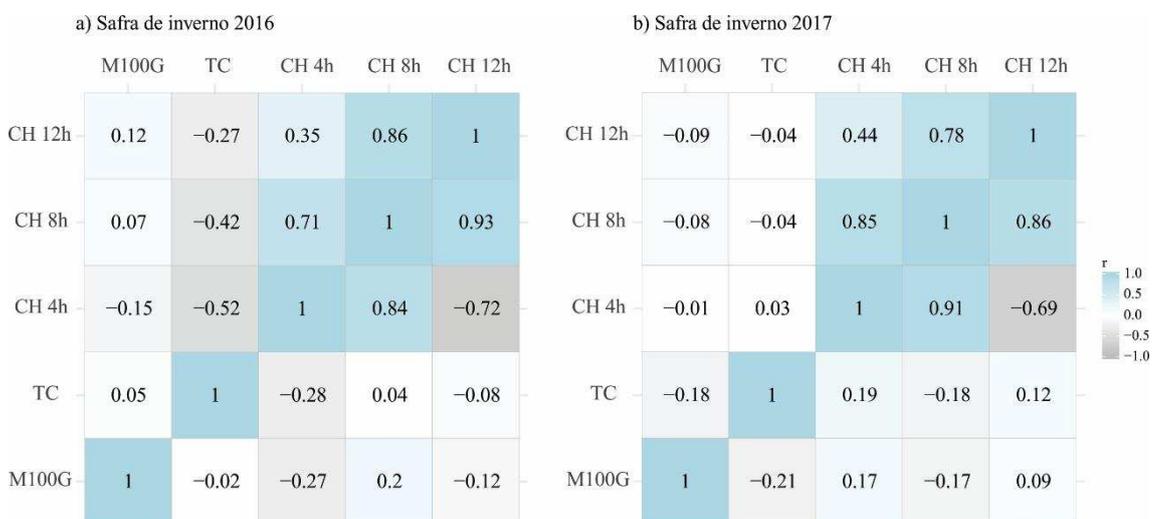


Figura 3. Correlações simples (acima da diagonal) e parciais (abaixo da diagonal) para o grupo de cultivares de feijão carioca, nos anos de 2016 e 2017.

Considerando as correlações simples existentes entre CH 4 h, CH 8 h e CH 12 h, verificou-se correlações positivas e de alta magnitude entre CH 4 h e CH 8 h, e CH 8 h e CH 12 h, em ambos os anos, para as cultivares de feijão preto e carioca avaliadas separadamente (preto ou carioca) ou em conjunto (Figuras 1a e 1b, 2a e 2b e 3a e 3b). Já as correlações entre CH 4 h e CH 12 h foram positivas, mas de baixa a média magnitude. Ao se estimar as correlações parciais para os mesmos pares de características, isto é, removendo os efeitos das demais características, foi observado em ambos os anos, para as cultivares de feijão avaliados separadamente ou em conjunto, que as correlações parciais entre CH 4 h e CH 8 h, e CH 8 h e CH 12 h foram de alta magnitude e positivas (Figuras 1a e 1b, 2a e 2b e 3a e 3b), semelhante ao observado em relação às correlações simples. No entanto, entre CH 4 h e CH 12 h verificou-se correlações parciais negativas e de alta magnitude.

Segundo Ribeiro et al. (2003), em seu trabalho visando a adequação do teste de capacidade de hidratação dos grãos, foram testadas cultivares de feijão preto e carioca em diferentes tempos de hidratação (2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas). Os autores verificaram que até 8 horas de hidratação ocorreu aumento na massa dos grãos devido à absorção de água e que a partir de 8 horas houve uma tendência de estabilização, pois os grãos paralisaram a absorção de água.

Em razão de a CH apresentar efeito acumulativo, as correlações simples não revelam a verdadeira associação existente. Isso foi confirmado ao se estimarem as correlações parciais, no presente trabalho, em que houve alteração no sinal da correlação entre CH 4 h e CH 12 h nos dois anos e para os grupos de feijão preto e carioca avaliados separadamente ou em conjunto.

Rodrigues et al. (2005a), avaliaram a capacidade de hidratação e o tempo de cocção de duas cultivares de feijão (TPS Nobre e Pérola), visando verificar se a capacidade de hidratação poderia ser utilizada para seleção indireta para tempo de cocção. Para isso os grãos dessas cultivares foram imersos em água destilada por 2 a 18 horas. Os autores sugerem que a capacidade de hidratação dos grãos possa ser utilizada como indicativo do tempo de cocção, visto que a correlação entre essas duas características foi negativa e significativa.

Em contrapartida, Coelho et al. (2008), utilizando cinco cultivares de feijão (Rubi, Uirapuru, Pérola, Valente e Campeiro), não verificaram associação linear entre estas duas características. Este resultado está de acordo com os obtidos no presente estudo, pois não foi observado correlação entre TC e CH em nenhum ano e/ou grupo de cultivares avaliadas. Portanto, a avaliação da qualidade quanto ao tempo de cocção deve ser realizada de forma direta, ou seja, submeter os grãos ao cozimento.

6. CONCLUSÕES

Há variabilidade genética para as cultivares de feijão quanto às características de qualidade tecnológica.

As cultivares pertencentes ao grupo preto apresentaram, em geral, melhores parâmetros de qualidade tecnológica. Entretanto, o grupo carioca se destaca para massa de 100 grãos.

Para o tempo de cocção, as cultivares Preto Uberabinha (22,3 min.) e Xamego (23,4 min) foram os destaques para o menor tempo de cocção, do grupo preto, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. Para o grupo carioca, os destaques de menores tempo de cocção foram as cultivares TPS Bonito (20,7 min) no ano de 2016 e Porto Real (22,3 min.), no ano de 2017.

Não há associação linear entre capacidade de hidratação e tempo de cocção em feijão-comum.

A capacidade de hidratação dos grãos em feijão-comum não é indicativo de qualidade quanto ao tempo de cocção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. S.; AZEVENDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Colheita, armazenamento e qualidade de sementes cultivadas em roças do Bairro da Serra – Iporanga – SP. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 3, 2011.

ARAÚJO, G. A. A.; CAMELO, G. N. Preparo do solo e plantio. In: CARNEIRO J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de.; BORÉM, A. (Org.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 115-144.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012.

BASSINELO, P. Z.; COBUCCI, R. M. A.; ULHÔA, V. G.; MELO, L. C., PELOSO, M. J. D. Aceitabilidade de três cultivares de feijão comum. **Comunicado Técnico Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, n. 66, p. 6, 2003.

BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L. Antioxidant Activity of Extracts, Condensed Tannin Fractions, and Pure Flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. Seed Coat Color Genotypes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Michigan, v. 51, n. 12, p. 7879-7883, 2003.

BERRIOS, J. D. J.; SWANSON, B. G.; CHEONG, W. A. Physico-chemical characterization of stored black beans. **Food Research International**, v. 32, n. 10, p. 669-676, 1999.

BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 890-896, 2010.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Cultura. In: CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. (Coord.). **Feijão: do plantio à colheita** Viçosa: UFV, 2015. p. 9-15.

BOURNE, M.C. Size, Density, and hardshell in dry beans. **Food Technology**, Champaign, v. 21, p. 335-398, 1967.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anexo IV. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (Phaseolus vulgaris L.) para a inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2018.

CARBONEL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARBONELL, S. A. M.; GUERREIRO FILHO, O.; SIQUEIRA, W. J. Contribuições do Instituto Agrônomo (IAC) para o melhoramento de plantas. **Raça de Colheita. Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. spe, p. 15-24, 2012.

CARVALHO, B. L.; RAMALHO, M. A. P.; VIEIRA JÚNIOR, I. C.; ABREU, A. de F. B. New strategy for evaluating grain cooking quality of progenies in dry bean breeding programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 115-123, 2017.

CECON, P. R.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A. **Métodos Estatísticos**. Viçosa: UFV, 2012. 229p.

COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; DANELLI, A. L. D.; PEREIRA, T.; SANTOS, J. C. P.; PIAZZOLI, D. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1080-1086, 2008.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NOBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Portal de Informações Agropecuárias. Grãos – Série Histórica. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>. Acesso em: 10 mar. 2018.

COSTA, G. E. A.; QUEIROZ, K. S.; REIS, M. S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chem**, United Kingdom, v. 94, n. 3, p. 276-330, 2006.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

DALLA-CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.D.S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

DUNNETT, C. W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a check. **Journal of the American Statistical Association**, v. 50, p. 1096-1121, 1955.

ESTEVES, A. M.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; CORREA, A. D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 999-1005, 2002.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Statistical Databases**. Disponível em: <https://www.fao.org.br>. Acesso em: 24 jun. 2017.

KASSAMBARA, A. ggcorrplot: Visualization of a Correlation Matrix using 'ggplot2'. R package version 0.1.1, 2016.

LEMOS, L. B.; MERIDA, D.; FARINELLI, R.; FIORENTIN, C. F. Características agronômicas e tecnológicas dos grãos de feijão do grupo comercial preto na safra de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 11, n. 1, p. 42-47, 2012.

LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S. de; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. da. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

MATTSON, S. The cookability of yellow peas. A colloid-chemical and biochemical study. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 2, n. 1, p. 185-231, 1946.

MESQUITA, F. R.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MEZIADI, C., RICHARD, M. M. S.; DERQUENNES, A.; THAREAU, V.; BLANCHET, S.; GRATIAS, A.; PFLIEGER, S.; GEFFROY, V. Development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence, **Plant Science**, v. 242, p. 351-357, 2016.

MINGOTTE, F. L. C.; GUARNIERI, C. C. O.; FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1101-1110, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Brasília. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

MOURA, A. D.; BRITO, L. M. Aspectos Socioeconômicos. In: CARNEIRO, J.E.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; COLPO, E.; POERSCH, N. L. Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

PAULA JÚNIOR, T. J.; CARNEIRO, J. E. S.; VIEIRA, R. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; DEL PELOSO, M. J.; TEIXEIRA, H. Cultivares de feijão-comum para Minas Gerais, **Epamig**, p. 40, 2010.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; ALMEIDA, V. M. de; MAGALDI, M. C. de S. Environmental influence in common bean cultivars grown in Brazilian savannah with low altitude. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 165-172, 2012.

PEREIRA, H. S., MELO, L. C., FARIA, L. C., DEL PELOSO, M. J., DÍAZ, J. L. C., WENDLAD, A. Indicação de cultivares de feijoeiro-comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 571-578, 2010.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; LOPES, RODRIGO L.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 14-22, 2014.

PETRY, N.; BOY, E; WIRTH, J. P.; HURREL, R. F. The potential of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a Vehicle for Iron Biofortification. **Nutrients**, v. 7, p. 1144-1173, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Obtenção de Cultivares In: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: do Plantio a Colheita**. Viçosa: UFV, 2015.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; CARENEIRO, J. E. S. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 21-32, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; DIAS, L. A. S.; CARVALHO, B. L. Contribuições do melhoramento de plantas no Brasil: avanços e perspectivas. **Raça de Colheita. Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. spe, p. 111-120, 2012.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R foundation for statistical computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, N. D.; SLUSZZ, T.; SILVA, S. M. E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão para a avaliação precoce de linhagens com cocção rápida. In: 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Porto Seguro, BA, 2003.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; FILHO, A. C.; GARCIA, D. C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005a

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; FILHO, A. C.; TRENTIN, M.; LONDERO, P. M. G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-376, 2005b.

SALVADOR, C. A. **Feijão - análise da conjuntura agropecuária**. Curitiba: DER/SAA, 2014.

SANTOS, G. G.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Evaluation of common bean morphological traits identifies grain thickness directly correlated with cooking time. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 35-42, 2016.

SCHMUTZ, J.; MCCLEAN, P. E; MAMIDI, S.; WU, G. A; CANHÃO, S. B, GRIMWOOD, J.; ... JACKSON, S. A. A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. **Nature Genetics**, v. 46, n. 7, p. 707-713, 2014.

SOUZA, L. V. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão**. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Genética e Melhoramento de Plantas – Universidade Federal de Lavras, 2003.

TAVARES, C. J.; JAKELAITIS, A.; REZENDE, B. P. M.; CUNHA, P. C. R. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 27-32, 2013.

VENTURELLI, G. L.; BROD, F. C.; ROSSI, G. B.; ZIMMERMANN, N.; F.; OLIVEIRA, J. P.; FARIA, J. C.; ARISI, A. C. A specific endogenous reference for genetically modified common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) DNA quantification by real-time PCR targeting lectin gene. **Molecular biotechnology**, v. 56, n. 11, p. 1060- 1068, 2014.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.

WASSIMI, N. N.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Capacidade combinada de teor de tanino e características proteicas de feijões secos crus e cozidos. **Crop Science**. p. 452-458, 1988.

YOKOYAMA, L. P.; STONE, L. F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**, Santo Antônio de Goiás, 2000.