



MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO: AVANÇOS, PERSPECTIVAS E NOVOS ESTUDOS, NO ÂMBITO NACIONAL

Claudio Yuji TSUTSUMI*, Lucas Guilherme BULEGON, Jeferson Tiago PIANO

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

*E-mail: cytsutsu@unioeste.br

Recebido em janeiro/2015; Aceito em julho/2015.

RESUMO: O feijão é um dos mais importantes grãos para a alimentação humana, sendo o melhoramento genético de extrema importância nesse contexto, principalmente no Brasil onde é praticado apenas em estatais e universidades. Neste contexto, esta revisão tem por objetivo abranger os principais métodos utilizados no melhoramento do feijoeiro, bem como os principais alvos dos programas. A diversidade genética da cultura é possibilitada pelo melhoramento arte, praticado por agricultores para a propagação das espécies, mas esse é lento e apresenta pouco ganho genético. Sendo necessário o emprego de métodos mais eficientes como o massal, o método genealógico, o SSD (descendente de uma única semente) e seleção recorrente, e para alguns objetivos específicos se empregam métodos mais eficientes como no caso da seleção para fixação biológica de nitrogênio onde emprega-se o LDF (linhas derivadas). Os esforços do melhoramento no país estão ligados com os avanços tecnológicos no campo, a agricultura sustentável e alimentos de elevado valor nutricional. Desta forma, trabalha-se para a colheita mecanizada, resistência a pragas, doenças e a tolerância a seca, bem como no aumento da produtividade e da qualidade nutricional dos grãos e melhoria no cozimento, ressaltando também o uso da biotecnologia. Desta forma, são alcançados resultados satisfatórios para todas as características melhoradas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, seleção de plantas, cruzamentos.

COMMON BEAN BREEDING: ADVANCES, PROSPECTS AND NEW STUDIES, IN NATIONAL SCOPE

ABSTRACT: Beans are one of the most important grains for human consumption, and the genetic improvement of great importance in this context, especially in Brazil where it's practiced only by government and universities. This review is to cover the main methods used in common bean breeding, as well as the main targets of the programs. The genetic diversity of this culture is made possible by improving art, practiced by farmers for propagation of the species. But this is slow and has little genetic gain requiring the use of more efficient methods such as massal, the genealogical method, SSD (single seed descent) and the recurrent selection, and for some specific objectives to employ more efficient methods such as in the case of selection for biological nitrogen fixation is employed where the LDF (derived lines). The improvement efforts in the country are connected with technological advances in the field, sustainable agriculture and high nutritional value. In this way works to mechanized harvesting, pest resistance, disease and drought tolerance as well as increased productivity and nutritional quality of grain and improved cooking, also noting the use of biotechnology. Thus, satisfactory results are achieved for all improved features.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, plant selection, crossing.

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes grãos para a alimentação humana, devido ser fonte de proteínas e de aminoácidos essenciais. O gênero *Phaseolus* possuem uma ampla gama de espécies. Além disso a diversidade de cultivares é elevada. O feijão carioca é resultado de uma mutação selecionada a campo, a qual foi melhorada por meio da seleção massal

inicialmente, é o principal representante em cultivo e consumo no Brasil. Outro ponto que tornou o feijão importante é sua elevada variabilidade genética, possibilitando seu cultivo em diversas regiões climáticas difernetes. Essa variabilidade muitas vezes não está nos programas de melhoramento, mais sim nos campo de produção, com pequenos produtores, nas variedades crioulas. Porém, devido as elevadas pressões de seleção

exercidas e o intenso melhoramento, essa diversidade em cultivares comerciais, está cada vez mais restrita. Visando sanar esse problema órgãos internacionais buscam inserir cada vez mais alelos selvagens nos cultivares comerciais.

Dentro do melhoramento do feijoeiro, um dos pontos importantes para o sucesso, está na escolha do método a ser utilizado, normalmente não se utiliza apenas um método, mais sim uma combinação desses. Os melhoristas fazem o uso da introdução de plantas, seleção massal, genealógico, descendente de uma única semente, sendo esse amplamente utilizado, seleção recorrente, retrocruzamentos e hibridação. Variando o uso de cada um desses de acordo com o objetivo do melhoramento.

Atualmente no Brasil o melhoramento na cultura do feijão busca uma complexa interação dos resultados, trabalhando desde de características radiculares para a fixação biológica do nitrogênio (FBN), passando por resistência a insetos e doenças, tolerância a seca, a colheita mecanizada, o aumento da produtividade, chegando na pós-colheita, como na qualidade nutricional dos grãos e o tempo de cozimento. Recentemente o feijão também virou alvo da biotecnologia, sendo trabalhado com a transgenia.

Desta forma, esta revisão tem por objetivo abranger os principais métodos utilizados no melhoramento da cultura do feijão, bem como os principais alvos dos programas empregados no Brasil, considerando-se as principais espécies cultivadas.

2. A CULTURA DO FEIJÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado um dos mais importantes grãos para a alimentação humana. Sendo amplamente cultivado em diversas partes do mundo (JADOSKI, 2012). No Brasil é um dos mais importantes constituintes da dieta, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano (Mesquita et al., 2007). Tendo uma média de consumo em torno de 17,0 Kg ano⁻¹ (WANDER, 2012).

O gênero *Phaseolus* possui cerca de 55 espécies (DEBOUCK, 1993), sendo que no Brasil são cultivadas além do *Phaseolus vulgaris* (feijoeiro comum), o *Vigna unguiculata* (feijão de corda) e *Cajanus cajan* (feijão-guandu).

O feijão teve origem no continente americano, onde populações selvagens de feijão crescem, desde o Norte do México até o Norte da Argentina, em altitudes entre 500 e 2.000 m (DEBOUCK, 1986). Destacando-se dois centros principais, um localizado na região central das Américas, principalmente no México (origem da maioria dos cultivares de grãos pequenos) e outro no norte da Argentina e no sul do Peru (origem de cultivares de grãos grandes) (SANTOS; GAVILANES 2006). As cultivares brasileiras, são provenientes do norte da América do Sul e México (FREITAS, 2006). Considerando esses centros os trabalhos de Bitocchi et al. (2012), com uso de técnicas moleculares confirmaram que as cultivares comerciais descendem de cultivares andinas, contudo possuem uma ampla gama genética que vem sendo estudada e incorporada nos bancos de germoplasmas.

Suas flores são agrupadas em inflorescências que podem ser do tipo ráculo axilar, ou seja, o eixo principal cresce mais que os laterais terminando numa axila da planta, por sua vez em plantas de hábito indeterminado, e

do tipo ráculo terminal, ou seja, o eixo principal cresce mais que os laterais terminando numa gema da planta em plantas de hábito determinado. É uma planta autógama, sendo seu fruto um legume, deiscente (CASTRO; KRUGE, 1999). Apresentando reprodução por autofecundação com grande floração, porém, com um vingamento de vagens aproximado de 30%, em condições adversas, podendo chegar a zero, e de 50% em condições ideais (JÚNIOR et al., 2007), esse fato torna o melhoramento dificultado.

No Brasil, a produção estimada para o ano de 2014, com o somatório das três safras possíveis no território, será de 3,558 milhões de toneladas, em 3,197 milhões de hectares representando um incremento de 26,8%, quando comparado ao ano de 2013. Tendo uma produtividade média de 1058 kg ha⁻¹, que será cerca de 15,9% superior a safra anterior (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014).

3. FEIJÃO CARIOCA

Atualmente, no Brasil destaca-se o cultivo do feijão tipo carioca, pois são aceitos em praticamente todo o território nacional, sendo estimada que 53% da área cultivada é com este tipo grão (EMBRAPA, 2014).

Entretanto, até meados da década de 1970 tradicionalmente eram cultivados no Brasil feijões com tegumento de coloração única, sendo exemplos o jalo, amarelo e pretos (BULISANI, 2008).

Tal cultivo devia-se ao fato que nunca antes tinham sido identificados ou considerado como promissor para o cultivo cultivares de grãos rajados, quando em meados da década de 1960, nos municípios de Ibirarema e Palmital, SP, este material foi identificado no campo pelo engenheiro agrônomo Wladimir C. Antunes, sendo que essas foram selecionadas em lavouras de ‘chumbinho opaco’, originária da mutação dessas (BULISANI, 2008).

O feijão carioca como conhecemos hoje, recebeu esse nome devido à semelhança do seu grão com uma raça de porco caipira o carioca. Ele foi lançado oficialmente no ano de 1969, pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), sendo originário de uma programa de melhoramento via seleção massal, do genótipo I-38700 (mutação selecionada no campo). Inicialmente essa planta tinha um ciclo entre 90 a 100 dias, podendo ser cultivado durante as três safras, porém apenas na região de São Paulo, com hábito de crescimento indeterminado e elevada produtividade entre 2000 a 3000 kg ha⁻¹.

4. VARIABILIDADE GENÉTICA

A cultura do feijão é amplamente cultivada e adaptada a várias condições, isso se dá devido a ampla seleção conduzida por produtores ao decorrer do tempo, fazendo com que essa espécie possa ser cultivada desde de regiões no nível do mar até áreas de altitudes muito elevadas (RODRIGUES ET AL., 2002; KRAUSE et al., 2012).

No Brasil a variabilidade genética existente, não está apenas nos grandes bancos de germoplasma, mas sim, nas mãos dos produtores rurais, que naturalmente selecionaram as características desejáveis a eles, e com as mutações que foram ocorrendo, garantiram a adaptação a cada condição de cultivo.

Porém, no Brasil assim como no mundo, a variabilidade genética, esta tendendo a extinção, isso

devido ao intenso cultivo de únicas cultivares, ou aquelas provenientes de poucos progenitores. Estando essa diversidade genética na maioria no hábito de florescimento (RIBEIRO, 2010). Esse fato é comprovado no trabalho de Rodrigues et al. (2002), que estudando 37 cultivares de feijoeiro no Rio Grande do Sul, entre elas locais e comerciais, concluíram que as comerciais apresentam uma base genética estreita. Enquanto as locais possuem uma ampla base genética. Os mesmos ainda citam, que as locais possuem características que podem ser aproveitada no melhoramento. O mesmo resultado é demonstrado nos trabalhos de Elias et al. (2007), estudando 42 cultivares locais e comerciais de feijão preto.

No ponto de vista mundial a estreita base genética utilizada em cultivares comerciais também é relatada, Bitocchi et al. (2012), concluíram que as cultivares descendem de poucas cultivares andinas. Em outro estudo chegou à conclusão que as cultivares Mesoamericanas e Andinas possuem cerca de 72% de semelhança entre si (BITOCCHI et al., 2013).

Vale, ainda, ressaltar que antes de iniciar programa de melhoramento, a diversidade genética é um dos principais fatores, Elias et al. (2007) cita que para o conhecimento dessa diversidade é importante se conhecer as características morfológicas e agronômicas das plantas. Para se conhecer a diversidade genética pode-se fazer o uso de formas quantitativas, onde é necessário a realização do cruzamento, ou de formas preditivas, que tem por base morfológicas, de qualidade nutricional, fisiológicas ou moleculares (CARNEIRO; CRUZ, 2003)

5. MÉTODOS DE MELHORAMENTO UTILIZADOS

Várias são as formas de se conduzir melhoramento de plantas, porém, a escolha do método é o primeiro passo para o sucesso do programa. Notadamente, em um programa não se utiliza de apenas um método, mais sim faz a interação entre eles.

O método mais simples e rápido de melhoramento é a introdução de plantas, que consiste em inserir o material vegetal, na área desejada, através de teste de eficiência agronômica.

A seleção massal, é outra opção, sendo um dos métodos mais clássicos de melhoramento de plantas utilizados, esse consiste em selecionar as plantas com o caráter desejado dentro de populações. Esta seleção pode ser feita diretamente no caráter para o qual o melhorista deseja, ou ainda podendo ser feita num caráter relacionado. Essa seleção é favorecida quando se trabalha com variáveis de alta herdabilidade. Esse método apresenta algumas limitações, como não possibilitar o controle genealógico dentro das famílias, além de ainda pode ocorrer a seleção natural (COSTA et al., 2002).

O método genealógico proporciona excelente qualidade das linhas produzidas, podendo em qualquer etapa do programa se identificar a planta mãe ou a progênie, porém, exige elevado número de anotações no campo, outro ponto está na dificuldade quando se necessita a seleção precoce (BESPALHOK et al., 2013)

O método SSD, ou descendente de uma única semente, é amplamente utilizado para o feijoeiro, devido a característica da planta, propiciando uma vagem do cruzamento desejado (BESPALHOK et al., 2013). Tendo após esse o avanço das gerações. A seleção é feita nas

gerações mais avançadas, contudo também pode-se realizar um screening nas gerações iniciais dependendo da característica a ser selecionada. Quando essa seleção se dá nas gerações mais avançadas se tem uma maior homozigose, baseando-se na colheita de uma semente, onde essa resultará na próxima geração e assim consecutivamente (RAPOSO et al., 1991).

A seleção recorrente é empregada quando se deseja obter uma nova população, a partir da recombinação de famílias ou populações, visando aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis, quando a característica é quantitativa, não reduzindo a variabilidade genética. Entre suas vantagens estão a maior variabilidade genética, possibilidade de ocorrência de recombinações favoráveis e facilidade de incorporação de germoplasma.

Outro método utilizado, porém na maioria das vezes auxiliar a um dos métodos acima descrito, devido a fisiologia de fecundação do feijoeiro é a hibridação, onde se tem por objetivo reunir em uma linhagem alelos favoráveis, presente em outros genótipos (RAMALHO; SANTOS, 1982).

Outro método empregado dentro dos programas é o retrocruzamento (RAMALHO; SANTOS, 1982), sendo esse empregado para a incorporações de características desejável, em uma cultivar, em um híbrido ou em um progenitor, que serão utilizados nos próximos cruzamentos (CORREA; GONÇALVES, 2012).

Cada método apresenta, eficiência variada, respondendo de acordo com a característica a ser melhorada, Raposo et al. (1991), comparando cinco métodos de condução, sendo eles: genealógico, bulk, SSD, bulk dentro de F₃ e bulk dentro de F₂, citam que pela facilidade e flexibilidade o bulk e o SSD são os mais recomendados, para a condução de várias características. Já quando o objetivo é a fixação biológica de nitrogênio o SSD tem eficiência reduzida (PEREIRA; BRAIDOTTI, 2001). Já a hibridação, combinada com retrocruzamentos são eficientes quando o objetivo é a seleção de precocidade (SILVA et al., 2007) e aumento da qualidade nutricional (JOST et al., 2009).

6. OBJETIVOS DO MELHORAMENTO

6.1. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A FBN é um parâmetro de extrema importância dentro do cultivo do feijoeiro, que ao contrário da soja, não tem interação simbiote considerada de alta eficiência, e exige adubação nitrogenada para se obter produtividade adequada. Os estudos visam identificar genótipos que tenham maior afinidades com as bactérias fixadoras, que possam se associar as raízes. Essa variabilidade genética é identificada, e conhecida, porém devido a necessidade da realização de análises destrutivas dificultam o melhoramento, não permitindo a seleção direta.

Assim dentro dessa característica deve-se buscar correlações, para que se possa indicar essa eficiência, por exemplo, pode-se utilizar a massa de mil grãos e a produtividade. Outro ponto divergente nessa área é o método a ser utilizado, após a obtenção das linhagens. Pereira; Braidotti (2001), utilizando o método de bulk para obter as linhagens até a geração F₄, comparou a eficiência do método SSD e de linhas derivadas (LDF), e identificou que o LDF é eficiente quando o objetivo do melhoramento é a fixação biológica de nitrogênio.

6.2. Resistência a doenças e insetos

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é hospedeiro de inúmeras doenças de origem fúngica, bacteriana e virótica, tanto da parte aérea como de solo, que além de diminuir a produtividade da cultura, depreciam a qualidade do produto (EMBRAPA, 2014). Dentro das práticas do manejo integrado de doenças, a resistência genética é um importante componente, pois além de ser de fácil adoção pelos agricultores, reduz a poluição do meio ambiente causada pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas (CANDIDA et al., 2009).

Dentre as doenças, da parte aérea, que acometem a cultura do feijoeiro, a antracnose, provocada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. e Magn.) Scrib., é uma das doenças de maior importância da cultura do feijoeiro-comum (BIANCHINI et al., 2005). Todavia, existe dificuldade para a obtenção de variedades com resistência durável, devido à alta variabilidade do agente causal, expressa por um grande número de raças (DIPIERO; GARDA, 2008).

Dentro do melhoramento visando a resistência a essa doença, a produtividade pode ser um fator determinante para a seleção visando tal característica (ABREU et al., 2003). Devido quando se inocula o fungo, apenas famílias com boa resistência tem potencial para obter produtividade, as demais serão destruídas ou demonstraram os sintomas.

Para doenças do sistema radicular o melhoramento do feijoeiro avançou muito e, atualmente, todas as variedades comerciais possuem tal resistência, comprovando essa Vieira (2008), estudando a diversidade genética dos cultivares utilizados como fonte de resistência em cruzamentos, identificou que esses possuem variabilidade genética para propiciar a resistência desejada, propiciada pelo a forma de desenvolvimento dessa.

O melhoramento genético também exerce papel importante na resistência do feijoeiro comum as doenças bacterianas. Morais et al. (2012), identificaram fontes de resistência para a murcha de *Curtobacterium*, dentro dos cruzamentos entre Aruã x Guarã e Pyatã x Pérola. Outra doença de suma importância é o crestamento bacteriano, que causa grandes perdas, sendo assim alvo constante do melhoramento. Porém, essa doença é controlada por vários genes, o que dificulta o melhoramento, entretanto, já se conhece fonte de variabilidade para que se obtenha resistência a essa doença (TRINDADE, 2012).

A resistência a insetos, geralmente se dá pela diminuição da atratividade da planta ao inseto. Pessoa (2013) estudando *P. lunatus* encontrou famílias que prestam antibiose para a ovoposição do *Zabrotes subfasciatus*. Resistência a ovoposição do mesmo inseto foi relatado em genótipos de feijoeiro comum por Baldin; Pereira (2010).

6.3. Tolerância à seca

A cultura do feijão pode ser altamente influenciada pelas condições ambientais, fazendo com que os fatores adversos causem a diminuição da produção (ROCHA et al., 2010). Dentre os fatores que podem influenciar diretamente o rendimento do feijoeiro, destaca-se a condição hídrica do solo, sendo que, tanto deficiências como excessos de água, nas diferentes fases do ciclo da

cultura, podem causar redução na produtividade em diferentes proporções (Embrapa, 2014).

Dentre as fases do ciclo de desenvolvimento, a floração e o desenvolvimento da vagem, são as mais sensíveis a deficiência hídrica, pois podem ocasionar baixa porcentagem de pegamento das flores, produzir vagens chochas e ainda diminuir a massa dos grãos (EMBRAPA, 2014), consequentemente, diminuindo substancialmente a produção em decorrência de deficiência hídrica no solo (JADOSKI, 2012).

Portanto, essa é uma questão que o melhorista vem enfrentando para conseguir cultivares que se adaptem as condições de baixa umidade, pois sabe-se que um fenótipo é função do genótipo, do ambiente e também da interação genótipo x ambiente (GxA) (ROCHA et al., 2010).

Recentemente, trabalhos mostram a potencialidade dessa característica, por meio de hibridações entre várias cultivares, se obteve que a SEA 5 e IAC Alvorada, apresentam potencial para ser considerado genitor, para tal finalidade, sendo que o cruzamento entre ambas promoveu bons resultados, e ainda identificou que a SEA 5 deve ser utilizado como feminino (GONÇALVES, 2013)

6.4. Colheita mecânica

Dentre as causas do baixo rendimento da cultura do feijão no Brasil, as perdas da colheita, recebem destaque, pois, mesmo em casos de alta produção das plantas de feijoeiro, as perdas e danos reduzem em muito a produtividade final (COSTA; PAQUALETTO, 1999). Dentre as alternativas utilizadas para a colheita do feijão destaca-se a colheita mecanizada, pois, possibilita o trabalho em grandes áreas, além de diminuir os custos em locais onde a mão-de-obra é onerosa (AIDAR, 1990).

O melhoramento genético procura desenvolver variedades com características agrônômicas mais adequadas à colheita mecanizada, especialmente na arquitetura da planta, com inserção de vagens no caule a uma maior altura do solo (COSTA; PAQUALETTO, 1999) e com plantas mais eretas (CARMO, 2007). Visto que essa condição é controlada por um único gene o *Fin*, podendo alguns outros alelos também controlar tal característica como o *Tor* e o *Top*. Trabalhos visando melhorar a arquitetura da planta utilizam da seleção recorrente, alcançando ótimos resultados em termos de ganho genético, como citado por Pires (2003), que trabalhando com seleção recorrente para a obtenção de linhagens e após massal para arquitetura da planta, obteve um progresso de 1,62% por ciclo entre o quinto e o oitava, o que contribuiu para um aumento na produtividade de 6,81%, e também que essas após os oito ciclos ainda possuem variabilidade genética, para se continuar o progresso.

6.5. Aumento na produção de grãos

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão comum, com uma área plantada de 3,197 milhões de hectares, que produz aproximadamente 3,558 milhões de toneladas representando um aumento de 26,8% em relação à safra anterior (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014) e, apesar de o feijão ser um alimento básico da população brasileira, seus índices de

produtividade são baixos quando observada a média nacional. A baixa produtividade brasileira se deve principalmente ao baixo nível tecnológico adotado pelos produtores da região norte e nordeste do país, aonde o feijão ainda é uma cultura de subsistência.

Dessa forma, a busca e a obtenção de cultivares mais produtivas do que as atuais comercializadas e cultivadas e a busca por uma elevada estabilidade produtiva, constituem num dos maiores objetivos nos programas de melhoramento do feijoeiro (CARMO et al., 2007).

Nesse sentido, Abreu et al. (1994), estudando o progresso genético do feijoeiro em Minas Gerais nas décadas de 70 e 80, citam que o progresso genético é de 1,9% ao ano, e ainda que esse valor é semelhante ao dos demais programas de melhoramento do Brasil. Os mesmos ainda citam que para o grupo carioca nessa região a produtividade saltou de 700 para 1200 kg ha⁻¹.

Para o aumento de tal característica alguns fatores devem ser considerados, não se tem um gene que aumenta a produtividade, propriamente dita, visto que essa é resultado de um somatório de fatores, assim podem influenciar nessa característica número de vagens, grãos por vagens e massa de mil grãos, nesse sentido Coimbra et al. (1999), estudando em feijão preto a importância dessas no aumento da produtividade, encontrou que o aumento na massa de mil grãos, prevalece sobre as demais, para o melhoramento visando produtividade, constatando ainda que dentro dos cultivares pretos, a variabilidade desse fator é elevada.

6.6. Qualidade nutricional de grãos

Dentro dos programas de melhoramento, outro ponto importante, é a qualidade nutricional dos grãos, sobretudo quando se trata de alimentos básicos para a alimentação de vários povos.

Apesar de o feijão representar uma importante fonte de proteínas, na alimentação, principalmente levando-se em conta as populações de baixa renda, a digestibilidade dessas proteína é relativamente baixa (MESQUITA et al., 2007). Além disso, o feijão é um alimento que apresenta em sua constituição todos os aminoácidos essenciais (PIRES et al., 2006). Todavia, os teores de aminoácidos, bem como os de proteína, do feijão podem ser alterados em consequência do genótipo e das condições de cultivo (RIBEIRO et al., 2007). Outro ponto fundamental no feijão é a presença de minerais como o ferro e o cálcio.

Para o aumento nas qualidades nutricionais dos grãos, duas opções podem ser utilizada, sendo a fortificação, porém, essa pode causar alterações sensoriais nos alimentos. Outra opção é o melhoramento genético, esse por sua vez não altera essas características. JOST et al. (2009) cita que existe cultivares que contem valores de ferro até 126,9 mg kg⁻¹, valores muito acima da necessidade diária, então possibilitando o enriquecimento do grão, o que foi obtido na população F₂, sendo essa 94% superior que a F₁. Os mesmos ainda citam que essa é uma característica materna, de alto grau de herbabilidade, quando se utilizado o progenitor adequado.

Quanto a teor de cálcio, esse também é de grande importância, e possível de ser melhorado (RIBEIRO, 2010). Esse ainda cita que essa característica possui em torno de 50% de herbabilidade. O mesmo ainda recomenda que quando a herbabilidade for alta. O bulk é

o método mais adequado a se utilizar, e quando essa for moderada o SSD ou o genealógico apresenta maior eficiência.

Para a teor de fibra, essa pode ser alterada, devido a diversidade genética existente, a ponto de auxiliar no controle de doenças crônicas (LONDERO et al., 2008).

Diante do exposto, Ribeiro (2010), conclui, que com a diversidade genética existente, o avanço do melhoramento, a demanda por alimento, o enriquecimento dos grãos é possível, agregando valor aos produtores e melhorando a dieta dos consumidores.

6.7. Tempo de cozimento

O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (COSTA et al., 2001), sendo priorizado cultivares que apresentam grãos com cozimento rápido. A identificação de linhagens com menor tempo de cozimento, rápida capacidade de hidratação, com tegumentos que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica, após o cozimento, é desejável (CARBONELL et al., 2003).

Além disso, os grãos de feijão devem possuir características culinárias e nutricionais desejáveis, como facilidade de cocção, boa palatabilidade, textura macia do tegumento, capacidade de produzir caldo claro e denso após o cozimento, maior teor de proteínas e minerais (MESQUITA et al., 2007). Todavia, a maior dureza ao cozimento pode ser influenciada pelas condições de armazenamento e, por fatores genéticos do grão.

A possibilidade do melhoramento visando tal característica foi demonstrado no trabalho de Ribeiro et al. (2003), que estudando a diversidade genética de 219 genótipos, sendo 84 do grupo preto e 135 de cor, encontraram característica desejáveis tanto para o feijão preto como para os de cor. Os mesmos ainda citam que tal características são priorizadas nos grãos pretos, enquanto nos de cor, essa característica ainda não estão inseridas em todas as cultivares.

6.8. Transgenia em feijão

No ano de 2010, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, entregou a CNTBio, um requerimento pedindo a liberação de uma cultivar transgênica de feijão, batizada de Embrapa 5.1. Tal transgenia possibilita a resistência da planta a doença virótica mosaico dourado, desenvolvida pela estratégia de RNA interferente (RNAi), obtido pela inserção dessa no genoma nuclear, pela biobalística, essa interfere na expressão do gene *rep* viral, por essa fala a replicação viral é comprometida tornando as plantas resistente ao vírus (ARAGÃO; FARIA, 2010). Tal tecnológica teve a liberação do CNTBio no ano de 2011 e chegará as cultivares comerciais no ano de 2015.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre as culturas praticadas no Brasil, o feijão ocupa lugar de destaque, porém devido ao seu caráter de subsistência, as grandes multinacionais do melhoramento não atuam nessa área. Assim a responsabilidade da realização do melhoramento para essa cultura fica com as estatais. Essas normalmente possuem recursos escassos e limitados, fazendo com que a cultura não avance no

mesmo ritmo de outras como o soja e o milho. Mesmo diante do exposto o melhoramento do feijão no Brasil é avançado e abrange uma ampla gama de características. Assim foi demonstrado que os resultados alcançados são satisfatório em todos os locais onde o melhoramento é praticado, bem como para todas as características que são trabalhadas.

8. AGRADECIMENTOS

A CAPES/CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado e Doutorado ao segundo e terceiro autor, respectivamente.

9. REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. et al. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.2, p.363-369, mar./abr. 2003.

ABREU, Â. F. B. et al. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões sul e alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.

AIDAR, H., E. T. et al. **Desenvolvimento de tecnologias para a colheita mecanizada do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiânia: CNPAF-Embrapa, 1990, 5p.

ARAGÃO, F. J. L.; FARIA, J. C. **Proposta de Liberação Comercial de Feijoeiro Geneticamente Modificado Resistente ao Mosaico**. Brasília: Embrapa, 2010. 490p.

BALDIN, E. L. L.; PEREIRA, J. M. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1507-1513, nov./dez. 2010.

BESPALHOK, J. C. et al. **Introdução de plantas**. Curitiba: UFPR, 2013. 25p.

BIANCHINI, A. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. v.2. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.333-349.

BITOCCHI, E. et al. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. **PNAS**, Washington, v.109, n.14, p.788-796, jul. 2012.

BITOCCHI, E. et al. Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and the Andes. **New Phytologist**, Cambridge, v.197, n.1, p.300-313, jan. 2013.

BULISANI, E. A. **Feijão carioca - uma história de sucesso**. 1.ed. São Paulo: InfoBibos, 2008. 7p.

CANDIDA, D. V. et al. Controle genético da murcha do fusário (*Fusarium oxysporum*) em feijoeiro comum. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.34, n.6, p.379-384, nov./dez. 2009.

CARBONELL, S. A. M. et al. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.369-379, mai./jun. 2003.

CARMO, S. L. M. et al. Avaliação do 'stay green' em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.953-957, jul./ago. 2007.

CARNEIRO, C. D.; CRUZ, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 668p.

CASTRO, R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Cultivos Anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1999. 129p.

COIMBRA, J. L. M. et al. Parâmetros genéticos do rendimento de grãos e seus componentes com implicações na seleção indireta em genótipos de feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.1-6, jan. 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 1.ed. Brasília, 2014. 95p.

CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.2, p.206-212, mar./abr. 2012.

COSTA, J. G. C. et al. Comparação da eficiência de métodos de seleção em gerações segregantes de feijoeiro-comum considerando a resistência à antracnose e o rendimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.244-251, jan./jun. 2002.

COSTA, L. R. M.; PASQUALETTO, A. Comparação de sistemas de colheita mecanizada e semimecanizada na perda, dano mecânico e impureza de grãos na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.29, n.1, p.35-38, jan./jun. 1999.

DEBOUCK, D. G. Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers? **Plant Genetic Resources Newsletter**, Roma, v. 67, p.2-8, 1986.

DI PIERO, R. M.; GARDA, M. V. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.9, p.1121-1128, set. 2008.

ELIAS, H. T. et al. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1443-1449, out. 2007.

FREITAS, F. D. O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1199-1203, jul. 2006.

- GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca.** 2013. 82f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.
- JADOSKI, C. J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- JOST, E. et al. Potencial de aumento do teor de ferro em grãos de feijão por melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.35-42, jan./fev. 2009.
- JÚNIOR, L. H. et al. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1548-1548, nov./dez. 2007.
- KRAUSE, W. et al. Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão- de-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.3, p.522-531, jul./set. 2012.
- LONDERO, P. M. G. et al. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.167-173, jan./fev. 2008.
- MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1114-1121, jul./ago. 2007.
- MORAIS, P. P. P. et al. Seleção precoce em plantas segregantes de feijoeiro para resistência à murcha de *Curtobacterium*. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.6, p.803-808, nov./dez. 2012.
- PESSOA, E. F. **Avaliação da resistência genética de feijão-fava a *Zobrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleóptera: chysomelidade: bruchinae).** 2013. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.
- PIRES, C. V. et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.179-187, jan./mar. 2006.
- PIRES, L. P. M. **Seleção recorrente massal para porte ereto em feijão do tipo carioca.** 2013. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- PEREIRA, P. A. A.; BRAIDOTTI, W. Comparação de métodos de melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Para o incremento da fixação simbiótica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.1, p.15-21, jan./jun. 2001.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Melhoramento do feijão. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.90, p.16-19, jun. 1982.
- RAPOSO, F. V. et al. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1991-1997, 1991.
- RIBEIRO, N. D. et al. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.77-83, jan./mar. 2003.
- RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.Supl.1, p.1367-1376, 2010.
- RIBEIRO, N. D. et al. Variabilidade genética para absorção de água em grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.77-83, jan./mar. 2003.
- ROCHA, V. P. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.1, p.39-54, jan./mar. 2010.
- RODRIGUES, L. S. et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1275-1284, set. 2002.
- SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C. et al. (Eds.). **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006, 600p.
- SILVA, F. B. et al. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1437-1442, out. 2007.
- TRINDADE, R. S. Melhoramento para resistência genética ao crestamento bacteriano comum em feijão comum e feijão-de-vagem: aspectos gerais, avanços, desafios e perspectivas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p.1204-1231, nov. 2012.
- VIEIRA, R. F. Root traits of common bean genotypes used in breeding programs for disease resistance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.6, p.707-712, jun. 2008.
- VIEIRA, C. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005, p.301-392.
- WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.2, p.7-21, fev. 2007.