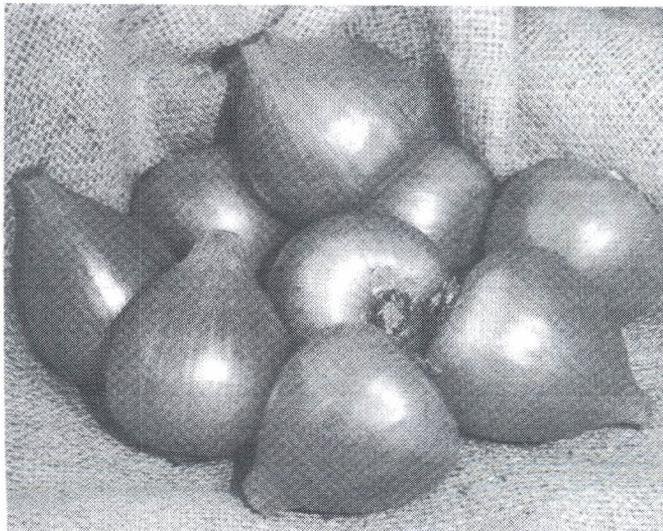


Melhoramento genético de cebola para as condições tropicais e subtropicais do Brasil

Onion breeding for the tropical and subtropical conditions in Brazil

DANIELA LOPES LEITE^{1,4}
VALTER RODRIGUES OLIVEIRA²
CARLOS ANTONIO FERNANDES SANTOS¹
NIVALDO DUARTE COSTA³
MARIA ESTHER DE NORONHA FONSECA²
LEONARDO SILVA BOITEUX²
PAULO EDUARDO DE MELO²
AILTON REIS²
BERNARDO UENO¹
MIRIAN JOSEFINA BAPTISTA²



Bulbos de cebola da cultivar BRS Cascata.

Foto: C. Ruas Schimulfening

RESUMO

O agronegócio cebola é importante para o Brasil, onde se cultivam cerca de 62.000 há ano⁻¹ nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste. Há demanda por cultivares melhor adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas; para cultivo em sistemas convencionais e agroecológicos; com bulbos de sabor pungente para mercado interno, suave/doce e do tipo "cascuda bronzeada" para mercados interno e de exportação. O trabalho objetiva desenvolver cultivares de polinização livre e/ou híbridas de cebola adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas brasileiras e resistentes às principais doenças que ocorrem na cultura. As atividades de pesquisa vem sendo conduzidas por uma rede de Pesquisa e Desenvolvimento envolvendo três Unidades da Embrapa e instituições parceiras/colaboradoras, públicas e privadas, além de produtores rurais. Estão sendo usados métodos de melhoramento com aplicação de seleção recorrente e com desenvolvimento de linhas A (macho-estéril), B e C (macho-férteis) e produção e testes de híbridos experimentais, na criação de novas cultivares. Técnicas de biologia molecular estão sendo aplicadas na identificação de mantenedoras da macho-esterilidade, na caracterização da variabilidade genética de germoplasma e no mapeamento de caracteres de qualidade e resistência a doenças. Os impactos potenciais decorrentes da incorporação de cultivares mais atrativas e resistentes a doenças e com padrão genético superior são, a médio prazo, maior competitividade da cebola brasileira; estabilização e potencial redução da importação de sementes; possibilidade de exportação de cebola; diminuição no uso de agrotóxicos pela incorporação de cultivares resistentes a doenças com diminuição do custo de produção e dos impactos ambientais.

¹ Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brasil.
² Embrapa Hortaliças, Brasília, Brasil.
³ Embrapa Semi-Árido, Petrolina, Brasil.
⁴ Autor para correspondência. daniela@cpact.embrapa.br



Palavras chave adicionais: *Allium cepa* L., cultivares, resistência a doenças, pungência, biologia molecular.

ABSTRACT

The onion culture is an important agribusiness in Brazil, where it is cultivated around 62,000 ha year⁻¹ in the South, Southeast, Northeast and the Midwest. There is a demand for improved cultivars adapted to different soil and climatic conditions; for cultivation in conventional and agroecological systems, with bulbs of pungent flavor to the internal market, soft / sweet and "dark bronze and thick scales" types for domestic and export markets. The work aims to develop open-pollinated and / or hybrid cultivars of onion adapted to the different Brazilian soil and climatic conditions and resistant to major diseases occurring in the culture. The research activities have been conducted by a network of Research and Development involving three Embrapa units and public and private partner/collaborator institutions, and rural producers. The breeding methods being used for the new cultivar development are the application of recurrent selection and development of A lines (male-sterile), B and C (male-fertile) and production and testing of experimental hybrids. Techniques of molecular biology have been applied in the identification of male sterility maintainer lines, in the characterization of germplasm genetic variability and mapping of quality traits and resistance to diseases. The potential impacts from the incorporation of more attractive and disease resistant cultivars with superior genetic pattern, are in the medium term, higher competitiveness of Brazilian onion, and stabilization and potential reduction of seed importation; possibility of onion exportation, decrease of pesticide use by disease resistant cultivars with reduction in production costs and environmental impacts.

Additional key words: *Allium cepa* L., cultivars, disease resistance, pungency, molecular biology.

Fecha de recepción: 22-04-2009

Aprobado para publicación: 01-06-2009

INTRODUÇÃO

O início do cultivo de cebola amarela no Brasil ocorreu com a chegada de imigrantes açorianos que colonizaram a região de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, durante o século XVIII e início do século XIX (Melo *et al.*, 1988; França e Candia, 1997). Das cebolas introduzidas da Europa, desenvolveram-se, por seleção natural e pela ação de agricultores, diversas populações que são agrupadas em dois tipos de acordo com a cultivar de origem: 'Baia Periforme', que engloba as populações derivadas de uma cebola portuguesa conhecida como Garrafal e 'Pêra', possivelmente populações derivadas de genótipos egípcios introduzidos na Ilha dos Açores e posteriormente

trazidas para o Brasil. Um terceiro tipo, possivelmente resultante do cruzamento entre populações do tipo 'Baia Periforme' e 'Pêra' e denominado 'Crioula' surgiu na região do Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina (Costa, 1997). Como características, estes três tipos possuem elevada tolerância a moléstias e, sobretudo, boa conservação pós colheita. Seleção nesses tipos, especialmente em 'Baia Periforme', ocorreu no Rio Grande do Sul e em outros estados brasileiros a partir da criação dos programas de melhoramento genético de cebola no Centro de Pesquisa da Região Sul em Rio Grande (RS), da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), e no Insti-

tuto Agrônomo de Campinas, e no Instituto de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba (SP), em 1940. Diversas cultivares de cebola foram disponibilizadas pela Fepagro com destaque para 'Jubileu', 'Norte 14', 'Petrolina' e 'Madrugada'. Em São Paulo, a seleção para dias curtos resultou na disponibilização das cultivares Baía Periforme Piracicaba do Cedro, Pira Ouro e Pirana, entre outras. Em 1972, com a criação da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, cebola do tipo 'Baía Periforme' foi levada de São Paulo para Belém do São Francisco (PE) e selecionada para latitudes 8 - 9°, ou seja, para bulbificação em dias ainda mais curtos e resistência a condições de calor constante (Wanderley *et al.*, 1973; Candeia e Costa, 2000). Foram disponibilizadas cultivares até a presente data, com destaque para 'Pêra IPA 4', 'Composto IPA 6', 'Belém IPA 9', 'Franciscana IPA 10', 'Vale Ouro IPA 11' e 'Brisa IPA 12'. Ainda nas décadas de 1970 e 1980, outros programas de melhoramento genético públicos e privados foram criados para atender às demandas das regiões produtoras, destacando-se a criação do programa da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri), em Ituporanga (SC), em 1976. Como cultivares de destaque desenvolvidas pela Epagri citam-se 'Bola Precoce', 'Juporanga', 'Crioula Alto Vale' e 'Superprecoce'.

Na Embrapa, os trabalhos de melhoramento genético de cebola foram iniciados em 1977 de forma descentralizada, atendendo as demandas regionais. A cebola, fortemente dependente de fotoperíodo e temperatura para bulbificação e com forte interação com outros fatores ambientais e práticas culturais, requer programas de melhoramento para latitudes ou regiões específicas, sendo a melhor cultivar aquela obtida na própria região de cultivo (Jones e Mann, 1963; Pike, 1986). Atualmente, a Embrapa Clima Temperado, na região Sul, a Embrapa Hortaliças, na região Centro-Oeste, e a Embrapa Semi-Árido na região Nordeste, desenvolvem programas de melhoramento de cebola. Estes programas visam disponibilizar cultivares adaptadas às mais

variadas condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo e preferências regionais, já tendo sido disponibilizadas oito cultivares.

A Embrapa Clima Temperado disponibilizou as cultivares Aurora em 1988, Primavera em 1992 e BRS Cascata em 2002. Enquanto a 'BRS Cascata' é do grupo das cebolas tardias com bulbos de coloração pinhão-bronzeada e de excelente retenção de escamas, o que condiciona excelente conservação pós-colheita (Leite *et al.*, 2002), as cultivares Aurora e Primavera são do grupo das precoces. Estas cultivares foram importantes para o Rio Grande do Sul, substituindo a população Baía Periforme, que era extremamente desuniforme. Além de adaptadas à região Sul, comportam-se bem nas condições de inverno das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

A Embrapa Hortaliças disponibilizou as cultivares Conquista, em 1988, São Paulo, em 1991, Alfa Tropical, em 1997 e Beta Cristal, em 1998. 'Conquista' é do grupo 'Baía Periforme' e possui resistência a míldio na fase de florescimento, 'São Paulo' é do grupo das claras precoces, 'Beta Cristal' é branca do tipo indústria e 'Alfa Tropical' é cebola de verão. A 'Alfa Tropical' continua sendo a de maior destaque, pois é a única cultivar de cebola disponível no Brasil para cultivo nas condições de verão das regiões Sudeste e Centro-Oeste, possibilitando abastecer o mercado no período de entressafra. Além das regiões Sudeste e Centro-Oeste, esta cultivar tem se mostrado como opção para o cultivo no segundo semestre do ano no Vale do Rio São Francisco. Pelas suas características de resistência a doenças foliares e rusticidade, 'Alfa Tropical' também vem sendo amplamente utilizada em sistemas agroecológicos de cultivo.

O programa de melhoramento de cebola da Embrapa Semi-Árido, iniciado recentemente, já disponibilizou a cultivar BRS Alfa São Francisco para as condições de dias curtos do Vale do Rio São Francisco (Costa *et al.*, 2005). Esta cultivar foi licenciada recentemente para empresas de se-

mentes, e por isso ainda não há estimativas do seu impacto no mercado. Por ser derivada da 'Alfa Tropical' possui potencial para ser recomendada também para as condições de verão das regiões Sudeste e Centro do Brasil.

A pesquisa em melhoramento genético de cebola no Brasil, principalmente os programas públicos, já disponibilizou cerca de 50 cultivares, com ganhos em produtividade, diversidade, adaptação a estresses bióticos e abióticos e possibilitado a modernização dos sistemas de cultivo, tendo contribuído de forma efetiva para o desenvolvimento e sustentação da cebolicultura no Brasil.

As cultivares disponíveis no Brasil visam atender as exigências do consumidor brasileiro, que prefere bulbos de tamanho médio (50-90 mm de diâmetro), de formato globular, de película externa de cor bronzeada uniforme, e escamas internas de cor branca (Melo e Boiteux, 2001). A produção de cebola no Brasil continua baseada em cultivares de polinização livre (cerca de 75% da área plantada) com seleções de 'Baia Periforme' e 'Crioula' dominando o mercado. Possuem, entre outras qualidades, tolerância a doenças, conservação pós-colheita boa e variação ampla em formato, tamanho, cor, número e espessura de películas de bulbos. Cebolas do grupo 'Crioula' são adaptadas principalmente à região Sul e são responsáveis pelo desenvolvimento alcançado pela cultura da cebola em Santa Catarina (Leite, 2007).

O agronegócio cebola é importante para o Brasil, com previsão, em 2009, de uma área média de plantio dessa cultura de 62.351 ha, com produção de 1.364.098 t distribuídas nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste (IBGE, 2009).

Estima-se que 70% da cebolicultura brasileira seja proveniente da agricultura familiar, principalmente nas regiões Sul e Nordeste, envolvendo cerca de 60.000 famílias que têm a cebolicultura como atividade principal (Epagri, 2000).

O uso de cultivares superiores e de técnicas modernas de produção como irrigação, alta densidade populacional, semeadura direta, mecanização da produção, adubação balanceada, etc. associadas ao uso de sementes de melhor padrão genético vêm favorecendo aumentos gradativos e constantes no rendimento. A adoção de cultivares híbridas associada ao uso de alta tecnologia de produção tem sido fator de aumentos de produtividades, especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e em parte do Nordeste nos últimos anos.

Para competir no mercado globalizado de sementes, o país precisará desenvolver bons híbridos com níveis mais altos possíveis de resistência às doenças mais importantes, usando como base populações dos tipos 'Baia Periforme' e 'Crioula'. Cultivares para nichos de mercado específicos, como o de produtos "orgânicos" e produtos "nutracêuticos" e de "cebolas doces", têm sido buscadas.

Como alimento funcional, a cebola é rica em três grupos de compostos com benefícios à saúde humana: flavonóides, tiosulfatos e frutanas (Bertolucci *et al.*, 2002). Flavonóides são compostos polifenólicos com propriedades antioxidantes (Hollman e Katan, 1997). A cebola é a principal fonte de quercetina na dieta humana, contribuindo com cerca de 30% dos flavonóides consumidos (Hertog *et al.*, 1992). A quantidade de quercetina na cebola varia com a cor e o tipo de bulbo e cultivar, sendo distribuída, principalmente, nas camadas externas (Lombard *et al.*, 2005).

Ferramentas de biologia molecular vêm sendo empregadas nos programas de melhoramento da Embrapa e têm sido úteis no conhecimento da distribuição da variabilidade genética e na identificação de mantenedoras da macho-esterilidade.

Recentemente foi demonstrado por Imai *et al.*, (2002) que o efeito de lacrimejação da cebola é controlado por uma enzima, denominada "sintase do fator de lacrimejação" - SFL. Esta descoberta abre a possibilidade do desenvolvimento de cultivares sem lacrimejação, porém preservando

compostos sulfurados de valor nutracêutico, controlados por outro sistema enzimático. Em termos de diversidade e filogenia, o fato de o gene SFL existir como uma cópia abre a possibilidade de utilizá-lo como ferramenta na caracterização e na estimativa de distância genética entre espécies e de acessos dentro das espécies do gênero *Allium*.

Entre os fatores que afetam o rendimento da cebolicultura brasileira estão os danos causados por doenças: antracnose (*C. gloeosporioides*), mancha-púrpura (*A. porri*) e raiz rosada (*P. terrestris*) nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste; míldio (*P. destructor*) e mofo cinzento (*B. squamosa*) na região Sul, cujas ocorrências estão relacionadas às condições ambientais do local de cultivo e o nível de resistência das cultivares plantadas (Carneiro e Amorim, 1999). A antracnose foliar é a mais importante doença da cebola em regiões tropicais, afetando a cultura desde a fase de canteiro até o armazenamento dos bulbos, frequentemente, em proporções epidemicamente alarmantes quando as condições climáticas favorecem (Galván *et al.*, 1997).

O controle genético por meio de cultivares com níveis mais altos de resistência a doenças, associado ao controle cultural tem sido buscado como forma de minimização do uso de agrotóxicos e riscos de contaminação de produto e ambiente (Galván *et al.*, 1997).

Com base no exposto, este trabalho visa ampliar as informações genéticas básicas já levantadas (Batista *et al.*, 2007; Valêncio *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2008), bem como identificar marcadores moleculares associados a caracteres de interesse, possibilitando em futuro próximo, o melhoramento assistido por marcadores moleculares. Populações estão sendo melhoradas para sistemas agroecológicos e convencionais, visando a disponibilização contínua de boas cultivares para o segmento de cebolas pungentes, de cebolas suaves/doces, de produtos orgânicos e de alimentos funcionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estão sendo realizadas atividades de pré-melhoramento, que visam auxiliar a identificação de genótipos e genes de interesse dos programas de melhoramento de cebola da Embrapa, através da manutenção e a caracterização de germoplasma mais promissores disponíveis nas coleções de trabalho de cebola da Embrapa e por introdução de novos materiais. Contempla também a caracterização de progênies e/ou populações e/ou híbridos dos programas de melhoramento da Embrapa. A caracterização está sendo realizada com base em caracteres fenotípicos (UPOV, 1999) e agronômicos, marcadores moleculares, através de AFLP (Vos *et al.*, 1995) e de RAPD (Williams, 1990), teores de sólidos solúveis, quercetina (Lombard *et al.*, 2002), e matéria seca, pungência (Schwimmer e Weston, 1961), e resistência a doenças. E serão iniciadas atividades de caracterização de germoplasma de cebola para o conteúdo de frutanas (Simonovska, 2000) e para a resistência ao déficit hídrico. A dissimilaridade genética entre os acessos está sendo estimada por métodos estatísticos multivariados (Cruz e Regazzi, 1994).

As avaliações quanto a resistência ao míldio (*Perothiza destructor*), mancha púrpura (*Alternaria porri*), mofo cinzento (*Botrytis squamosa*), antracnose (*C. gloeosporioides*) e raiz rosada (*Pyrenochaeta terrestris*) estão sendo conduzidas em ensaios de campo e telados, com base na severidade dos sintomas das doenças. Os genótipos mais resistentes são utilizados para continuidade do programa de melhoramento.

Um banco de seqüências gênicas está sendo construído visando o isolamento/caracterização de genes potencialmente associados a resistência à *C. gloeosporioides* e genes das vias metabólicas de compostos organosulfurados, flavonóides e açúcares, que poderão funcionar como marcadores moleculares para fenótipos de interesse, visando a obtenção de cultivares combinando alto potencial de rendimento e resistência a doenças

e/ou elevada qualidade nutracêutica e/ou melhor qualidade sensorial, além de elevada capacidade de conservação pós-colheita e com adaptação para cultivo em diferentes latitudes.

Com base em marcador para o gene da "sintase do fator de lacrimejação" de modo a verificar a possibilidade de amplificar alelos deste gene em outras espécies do gênero *Allium* via uma estratégia de PCR heterólogo usando "primers" desenhados para o gene isolado em cebola e analisar a diversidade das seqüências gênicas obtidas, amplificaram-se os segmentos análogos ao gene SFL de cebola a partir de DNA de cinco espécies do gênero *Allium*: *A. cepa*; *A. chinense*; *A. fistulosum*; *A. sativum* e *A. ampeloprasum*, com "primers" (LF 300 e LF 600) sintetizados a partir de informações do cDNA do gene SFL (Imai *et al.*, 2002). Os amplicons foram seqüenciados usando o protocolo BigDye® version 3 e as seqüências analisadas usando o programa LaserGene (DNASStar, Madison, WI).

Linhas A (macho-estéreis) e B (macho-férteis, mantenedoras da macho-esterilidade) estão sendo identificadas, em populações e cultivares de cebola para produção de cultivares híbridas e/ou de linhas B para produção de cultivares de polinização livre. Técnicas de biologia molecular disponíveis para caracterização de fatores citoplasmáticos associados a macho-esterilidade estão sendo aplicadas, de forma a acelerar a identificação de linhas B (Havey, 1995; Sato, 1998; Szklarczyk *et al.* 2002; Engelke *et al.* 2003). Plantas macho-estéreis identificadas visualmente são pareadas com as macho-férteis (citoplasma N) identificadas com os "primers", para realização de cruzamentos-testes para identificação de plantas mantenedoras da macho-esterilidade. Está sendo realizada endogamia nos pares de linhas A e B identificados, os quais serão avaliados em esquema dialélico para identificação de linhas com boa capacidade combinatória.

Está sendo aplicada seleção recorrente fenotípica e com base em famílias meio-irmãs ou S1 em

populações de cebola do programa de melhoramento genético em sistema convencional e em sistema de base ecológica. São considerados a nível de campo: produtividade, ciclo de maturação, uniformidade de estalamento, diâmetro do pseudocaule, resistência a doenças, tamanho e formato de bulbo, número, espessura e aderência da película, ausência de florescimento. Após a cura e armazenamento em galpões ventilados durante pelo menos 30 dias, são feitas avaliações pós-colheitas dos bulbos, considerando-se: capacidade de conservação, pungência, cor, número, espessura e retenção de película seca, e resistência ao brotamento. Após seleção, bulbos são armazenados em câmara fria em condições naturais (região Sul) ou em câmaras frias (regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste) até o plantio.

Anualmente são produzidas sementes genéticas das cultivares de cebola desenvolvidas pela Embrapa. Havendo o desenvolvimento de novas cultivar(es), serão adotados procedimentos para obtenção do Registro e Proteção das mesmas, atendendo às determinações da Embrapa e seguindo as instruções do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para os ensaios de Distingüibilidade, Homogeneidade e Estabilidade de cultivares de cebola.

Estão sendo realizadas atividades de avaliação (unidades de observação e/ou validação) de populações elites e/ou híbridos experimentais de cebola nas regiões produtoras de cebola do Brasil (Sul e/ou Sudeste e/ou Centro-Oeste e/ou Nordeste), de forma a subsidiar a escolha de potenciais cultivares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da diversidade genética baseada em 22 acessos de cebola do banco ativo de germoplasma de cebola da Embrapa Clima Temperado, por meio de características da película seca (espessura e aderência) e números de pontos

vegetativos de bulbos, permitiu a separação dos acessos em três grupos, cada um representando uma das três principais populações de cebola brasileiras: Baía Periforme, Crioula e Pêra.

Por meio da caracterização da diversidade genética em um grupo de 64 acessos de cebola do banco ativo de germoplasma da Embrapa Hortaliças, foi possível separar os acessos em 12 grupos com a utilização de descritores morfológicos, agrônômicos e bioquímicos. Os caracteres que mais contribuíram para a diferenciação foram o teor de açúcares totais, comprimento de bulbo, número de dias para a colheita, porcentagem de bulbos com diâmetro entre 70 e 90 mm e massa média de bulbos, sendo responsável por 58% de toda a variabilidade genética presente entre os acessos.

Um grupo de 14 genótipos, incluindo cultivares comerciais, avaliados quanto ao conteúdo de quercetina dos bulbos, através de leituras espectrofotométricas, apresentaram-se altamente variáveis quanto a este flavonóide. Os valores de quercetina variaram de 212,81 mg kg⁻¹ ('Super Precoce') até 606,99 mg kg⁻¹ ('Crioula Roxa'). Em vista das diferenças de concentração de quercetina em cebola ser influenciada pelo genótipo, pretende-se por meio de seleção desenvolver materiais com quantidades superiores de quercetina e, conseqüentemente, maiores propriedades nutracêuticas.

A técnica de RAPD mostrou-se eficiente na estimativa da variabilidade genética de seis cultivares de cebola recomendadas para cultivo na região Sul do Brasil, separando as plantas individuais de cada cultivar em um grupo e a formação de três grupos maiores ('Baía Periforme', 'Crioula' e 'Pêra'), correspondendo às principais populações de base das cultivares. Em um outro estudo, com um grupo de 24 cultivares e populações de cebola, o emprego da técnica de RAPD, com a utilização de 53 "primers", resultou em 102 marcadores, que permitiu o agrupamento dos genótipos de acordo com os grupos morfoagronômicos.

Com base no marcador AFLP avaliou-se a divergência genética entre populações de cebola potenciais e comerciais para o Nordeste, com a obtenção de fenograma que manteve as relações conhecidas do pedigree dos genótipos avaliados. Houve a formação de três grupos: o primeiro com as populações experimentais de cebola suave as cultivares IPA 10, IPA 11, Brisa e Alfa São Francisco; o segundo com o híbrido Granex 429 e TEG 502 PRR; e o terceiro com as populações experimentais de cebola cascuda bronzeada.

Com base no emprego de marcador para o gene codificador da "sintase" do "fator de lacrimejação", observaram-se amplicons polimórficos entre espécies e entre acessos de *A. cepa* e *A. fistulosum*, indicando haver variabilidade natural de pungência entre acessos de cebola. A identificação de marcadores moleculares associados ao fenótipo de cebola com ausência de lacrimejação poderá facilitar a seleção de cebola isentas do desagradável fator "choro".

Com base na caracterização molecular de citoplasma, segundo sistema de marcador descrito por Havey (1995), foram avaliadas 27 populações elites da Embrapa Hortaliças. Dezesseis populações e a cultivar Conquista apresentaram exclusivamente citoplasma N, sete populações apresentaram exclusivamente citoplasma S e apenas três populações apresentaram mistura de ambos citoplasmas. Outras 65 populações foram caracterizadas molecularmente, incluindo os "primers" descritos por Engelke *et al.*, (2003) e Sato (1998), obtendo-se 38 acessos apresentando apenas citoplasma S, 18 exibiram citoplasma N e T e nove apenas citoplasma N. Para a região Nordeste, na Embrapa Semi-Árido, as identificações citoplasmáticas realizadas na cultivar BRS São Francisco e em uma população experimental, apresentaram respectivamente, citoplasma N e T e apenas citoplasma S. Isto indica que para que sejam desenvolvidos híbridos nesta população, se faz necessária a introgressão de citoplasma N. Enquanto para a Região Sul, as caracterizações citoplasmáticas na Embrapa Clima Tem-

perado têm sido realizadas principalmente nas cultivares Bola Precoce e Crioula apresentando respectivamente 51,0 e 43,0% das plantas com citoplasma normal, e onde o citoplasma estéril predominante é do tipo T.

Os estudos de caracterização da resistência de genótipos de cebola à *Coletotrichum gloeosporioides* e *Alternaria porri* possibilitaram identificar genótipos promissores como fontes de resistência à estas doenças. Dos 65 acessos de cebola da coleção de trabalho da Embrapa Hortaliças avaliados quanto a resistência a *C. gloeosporioides*, destacaram-se com níveis mais altos de resistência: 'Pêra IPA 4', 'Roxa IPA 3', 'Vale Ouro IPA 11' e a população 'Alfa Tropical antracnose'. Para *A. porri*, dos 47 acessos testados por inoculação artificial da doença, destacaram-se com os níveis mais altos de resistência os genótipos 'Boreal', 'Primero', 'XP 8010', 'Brisa IPA 12', 'White Creole', 'Crioula Alto Vale', 'BRS Cascata' e 'Aurora'. Estas populações são, portanto, as mais promissoras para seleção visando o desenvolvimento de cultivares de cebola com maiores níveis de resistência à antracnose e mancha-púrpura.

Em um ensaio de campo para caracterização de 10 genótipos de cebola quanto a avaliação agrônoma e resistência as doenças mofo cinzento e mancha-púrpura, em sistema de cultivo de base ecológica, destacaram-se as cultivares Petrolina e Primavera, em produtividade, tamanho de bulbos e menor susceptibilidade às doenças, as quais seguirão sendo trabalhadas no melhoramento para este sistema de cultivo.

Visando a criação de novas cultivares, foram autofecundadas 131 plantas de várias populações

de interesse e foram geradas 36 populações base pelos programas de melhoramento da Embrapa, incluindo amarelas baias, cascudas bronzeadas e claras suaves/doces e foram incorporadas mais 37 populações do extinto programa de melhoramento de cebola da ESALQ-USP. Vinte e seis populações foram submetidas à pelo menos um ciclo de seleção massal ou recorrente e estão sendo submetidas a novos ciclos de seleção.

Dos 297 pareamentos de plantas macho-estéreis e macho-férteis avaliados foram identificados 26 pares de linhagens A e B. Adicionalmente, 42 pares de linhas A e B, altamente endogâmicos e isogênicos recebidos da ESALQ-USP, também estão sendo avaliados quanto a capacidade combinatória e os primeiros híbridos experimentais produzidos e testados a partir deste ano.

CONCLUSÕES

Para que se consiga realizar melhoramento genético em cebola, assim como em outras espécies, é fundamental a caracterização e preservação de toda a variabilidade genética presente nas cultivares antigas e "landraces".

Os programas de melhoramento genético de cebola de instituições públicas de pesquisa brasileiras têm uma longa tradição de trabalho, sendo responsáveis pelo lançamento da maioria das cultivares em cultivo no país. É importante que estes órgãos continuem recebendo apoio e investimentos para o desenvolvimento e incremento das pesquisas com cebola, com vistas à criação de cultivares cada vez mais competitivas no mercado.

AGRADECIMENTOS



Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – Fapergs, pelo apoio financeiro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista, P.P.; R.S.N. de Lima; C.A.F. Santos; M.A.R. Rodrigues e J.C. Alves da S.F. 2007. Divergência genética entre populações de cebola potenciais e comerciais para o Nordeste, com base em marcador AFLP. In: Anais eletrônicos. Congresso Brasileiro de Olericultura 47. Porto Seguro. Campinas: ABH, 2007, <http://www.abh.org.br/anais/anais.htm>; consulta: setembro 2007.
- Bertolucci, S.K.V.; R.C. Pinheiro; J.E.B.P. Pinto e R.J. de Souza A. 2002. Qualidade e valor nutracêutico da cebola. Informe Agropecuário 23(218), 88-92.
- Candeia, J.A. e N.D. Costa. 2000. A cebolicultura Nordestina e a necessidade de pesquisa no contexto atual. pp. 15-17. In: Pereira, W.; J.V. VieraA, J.V. e J.L. de Mendonca (Org.). Relatório do Workshop sobre cebolicultura no Brasil. Embrapa Hortaliças. Série Documentos 25. Brasília.
- Carneiro, L.C. e J.L. Amorim. 1999. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo do mal-de-sete-voltas da cebola. Fitopatologia Brasileira 24(3), 422-427.
- Costa, C.P., da. 1997. Germoplasma de cebola brasileiro e seu uso no melhoramento. p. 2. In: Anais Seminário Nacional de Cebola 9, 1997. Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Pelotas, Brasil.
- Costa, N.D.; C.A.F. Santos; M.A. de Queiroz; H.M. de Araújo; V.R. Oliveira; J.L. de Mendonca e J.A. Candeia. 2005. Alfa São Francisco: variedade de cebola para cultivo no verão. p. 420. In: Anais Congresso Brasileiro de Olericultura 45, Horticultura Brasileira 25, Fortaleza, Brasil.
- Cruz, C.D. e A.J. Regazzi. 1994. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV, Vicosa, Brasil.
- Engelke, T.; D. Terefe e T.A. Tatlioglu. 2003. PCR-based marker system monitoring CMS-(S), CMS-(T) and (N)-cytoplasm in the onion (*Allium cepa* L.). Theor. Appl. Genet. 107, 162-167.
- EPAGRI. 2000. Sistema de produção para cebola. Sistemas de Produção 16. Epagri, Florianópolis, Brasil.
- França, J.G.E. de e J.A. Candeia. 1997. Development of short-day yellow onion for tropical environments of the Brazilian Northeast. Acta Hort. 433, 285-287.
- Galván, G.A.; W.A. Wiestma; S. Putrasemedja; A.H. Permandi e C. Kik. 1997. Screening for resistance to antracnose (*C. gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. Euphytica 95(2), 173-178.
- Havey, M.J. 1995. Identification of cytoplasm using the polymerase chain reaction to aid in the extraction of maintainer lines from open-pollinated populations of onion. Theor. Appl. Genet. 90, 263-268.
- Hertog, M.G.L.; P.C.H. Hollman e D.P. Venema. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. J. Agr. Food Chem. 40, 1591-1598.
- Hollman, P.C. e M.B. Katan. 1997. Absorption, metabolism and health effects on dietary flavonoids in man. Biomed. Pharmacoterapy 51(8), 305-310.
- IBGE. 2009. Levantamento sistemático da produção agrícola – cebola: produção e área plantada, Brasil e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, In: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf>; consulta: julho 2009.
- Imai, S.; N. Tsuge; M. Tomotake; Y. Nagatome; H. Sawad; T. Nagata e H. Kumaga. 2002. Plant biochemistry: an onion enzyme that makes the eyes water. Nature 419, 685.
- Jones, H.A. e L.K. Mann. 1965. Onion and their allies. Leonard Hill, London.
- Leite, D.L.; A. Garcia e A.M. Santos. 2002. BRS Cascata a new cultivar released by Temperate Climate Agricultural Research Center, Embrapa, Brazil. Abstracts National Allium Research Conference. Washington State University, Pasco, WA.
- Leite, T.L. 2007. Melhoramento genético de cebola. pp. 79-113. In: Barbieri, R.L. (ed.). Cebola: ciência, arte e história. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Lombard, K.; E. Geoffriau e E. Peffley. 2002. Flavonoid quantification in onion by spectrophotometric and high performance liquid chromatography analysis. HortScience, 37(4), 682-685.
- Lombard, K.; E. Peffley; E. Geoffriau; L. Thompson e A. Herring. 2005. Quercetin in onion (*Allium cepa* L.)

- after heat-treatment simulating home preparation. *J. Food Comp. Analysis* 13(6), 571-581.
- Melo, P.C.T. e L.S. Boiteux. 2001. Análise retrospectiva do melhoramento genético de cebola (*Allium cepa* L.) no Brasil e potencial aplicação de novas estratégias biotecnológicas. In: Anais Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas 1, 2001. Goiania, Brasil (CD).
- Melo, P.C.T.; A. Ribeiro e M.G.C. Churata-Masca. 1988. Sistemas de produção, cultivares de cebola e o seu desenvolvimento para as condições brasileiras. pp. 27-61. In: Anais Seminario Nacional de Cebola 2, 1988. Piedrade, Brasil.
- Pike, L.M. 1986. Onion breeding. pp. 357-394. In: Basset, M.J. (ed.). *Breeding vegetable crops*. AVI Publishing Company, Connecticut, CT.
- Santos, C.A.F.; D.L. Leite; N.D. Costa; V.R. Oliveira; I.C.N. dos Santos e M.A. Rodrigues. 2008. Identificação dos citoplasmas "S", "T" e "N" via PCR em populações de cebola no Vale do São Francisco. *Hortic. Bras.* 26(3), 306-309.
- Santos, M. do D.M. dos; A.G.R. Buzar; M.E.N. Fonseca; V.R. Oliveira; A.C. Torres e L.S. Boiteux. 2007. Relação genética entre acessos de cebola adaptados para cultivo no Brasil estimada via marcadores RAPD. In: Anais Congresso Brasileiro de Olericultura 47, Porto Seguro, <http://www.abh.org.br/anais/anais.htm>; consulta: setembro 2007.
- Sato, Y. 1998. PCR amplification of CMS-specific mitochondrial nucleotide sequences to identify cytoplasmic genotypes of onion (*Allium cepa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 96, 367-370.
- Schwimmer, S. e W.J. Weston. 1961. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J. Agr. Food Chem.* 9(4), 301-304.
- Simonovska, B. 2000. Determination of inulin in foods. *J. AOAC Intl.* 83(3), 675-678.
- Szklarczyk, M.; M. Simlat; B. Jagosz e G. Ba. 2002. The use of cytoplasmic markers in onion hybrid breeding. *Cell. Mol. Biol. Lett.* 7, 625-634.
- UPOV. 1999. Guidelines for conduct of test for distinctness, uniformity and stability of *Allium cepa* and *Allium ascalonicum*. UPOV, Genebra.
- Valencio, A.G.B.; A.H. Araújo; L.S. Boiteux; M.E.N. Fonseca; V.R. Oliveira e P.P. Silva. 2004. Estabelecimento de uma coleção de clones genômicos e de cDNA de cebola (*Allium cepa* L.) contendo seqüências similares a genes de resistência a doenças. p. 39. In: Anais Congresso Brasileiro de Genética 50, 2004. Gramado, Brasil.
- Vos, P.; S. Hogers; M. Bleeker; M. Reijans; T. van de Lee; M. Hornes; A. Fritjers; J. Pot; J. Peleman; M. Kuiper e M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23, 4407-4414.
- Wanderley, L.J. da G.; M.A. de Queiroz; P.C.T. de Melo; J.P. de M. Souto; M.A.C. dos Santos; H.M. Silva e D.T. de Lima. 1973. Melhoramento e produção de semente de cebola no Nordeste. *Sudene/Brascan Nordeste/IPA*. Recife, Brasil.
- Williams, J.G.K.; A.R. Kubelik; K.J. Livak; J.A. Rafalski e S.V. Tige. 1990. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18, 6531-6535.