

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



PESQUISA E INOVAÇÃO EM **GERMOPLASMA E MELHORAMENTO GENÉTICO** NA EMBRAPA CERRADOS

*Fabio Gelape Faleiro
Renato Fernando Amabile
Lineu Neiva Rodrigues*
Editores técnicos

Embrapa

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura e Pecuária***

PESQUISA E INOVAÇÃO EM
GERMOPLASMA E
MELHORAMENTO GENÉTICO
NA EMBRAPA CERRADOS

*Fábio Gelape Faleiro
Renato Fernandes Amabile
Lineu Neiva Rodrigues*
Editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2024

Embrapa
Parque Estação Biológica
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo e pela editoração

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
73310-970, Planaltina, DF
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Eduardo Alano Vieira

Secretária-executiva

Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Membros

Alessandra de Jesus Boari

Alessandra Silva Gelape Faleiro

Angelo Aparecido Barbosa Sussel

Fábio Gelape Faleiro

Fabiola de Azevedo Araujo

Giuliano Marchi

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Karina Pulrolnik

Maria Emília Borges Alves

Natália Bortoleto Athayde Maciel

Edição executiva e revisão de texto

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaum Pelufe (CRB-1/2045)

Projeto gráfico, diagramação e capa

Maria Goreti Braga dos Santos

1ª edição

Publicação digital (2024): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

P474 Pesquisa e inovação em germoplasma e melhoramento genético na Embrapa Cerrados / Fábio Gelape Faleiro, Renato Fernando Amabile, Lineu Neiva Rodrigues, editores técnicos – Brasília, DF : Embrapa, 2024.

259 p.: il. Color.

ISBN 978-65-5467-071-5

1. Melhoramento Genético Vegetal. 2. Melhoramento Genético Animal. 3. Banco de germoplasma. 4. Instituição de Pesquisa. I. Faleiro, Fábio Gelape. II. Amabile, Renato Fernando. III. Rodrigues, Lineu Neiva. IV. Embrapa Cerrados.

CDD (22 ed.) – 631.52

Fábio Lima Cordeiro (CRB-1/1763)

© Embrapa 2024

AUTORES

Adriano Delly Veiga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Ailton Vitor Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Allan Kardec Braga Ramos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Aloisio Alcântara Vilarinho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

Altair Toledo Machado

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

André Ferreira Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Antônio Vander Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Arminda Moreira de Carvalho

Engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento de Plantas e Biometria, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Carlos Frederico Martins

Médico-veterinário, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Charles Martins de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cícero Donizete Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Bioquímica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cláudio Guilherme Portela de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Cláudio Ulhoa Magnabosco

Zootecnista, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cynthia Torres de Toledo Machado

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Eduardo Alano Vieira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Elainy Botelho Carvalho Pereira

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária, Goiânia, GO

Fábio Bueno dos Reis Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fábio Gelape Faleiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Fernando Souza Rocha

Biólogo, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Francisco Duarte Fernandes

Engenheiro-agrônomo, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Francisco José da Silva Lédo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Gabriel Bartholo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Bolsista do Consórcio Pesquisa Café, Planaltina, DF

Geraldo Estevam de Souza Carneiro

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Gustavo José Braga

Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Iêda De Carvalho Mendes

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

João Paulo Guimarães Soares

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Jorge Cesar dos Anjos Antonini

Engenheiro Agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José de Ribamar Nazareno dos Anjos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

José Teodoro de Melo

Engenheiro Florestal, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Josefino de Freitas Fialho

Engenheiro-agrônomo, mestre em Microbiologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Juaci Vitória Malaquias

Estatístico, mestre em Ciência de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Juarez Campolina Machado

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Júlio César Albrecht

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Karina Pulrolnik

Engenheira Florestal, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Leo Duc Ha Carson Schwartzaupt da Conceição

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS

Marcelo Ayres Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marcelo Fideles Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Marco Aurélio Caldas de Pinho Pessoa-Filho

Biólogo, doutor em Biologia Molecular, pesquisador da Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Maria Madalena Rinaldi

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência e Tecnologia Pós-colheita, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Núbia Maria Correia

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Renato Fernando Amabile

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Pedro da Silva Neto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Pires de Moraes Neto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sérgio Abud da Silva

Biólogo, especialista em Genética e Biologia Molecular, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Tadeu Gracioli Guimarães

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Biólogo, doutor em Filosofia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Wanderlei Antônio Alves de Lima

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Agradecemos a toda equipe da Embrapa Cerrados e também das várias unidades da Embrapa que participam dos programas de conservação e uso de germoplasma e melhoramento genético. Agradecemos também a todos os parceiros dos programas de melhoramento genético como a Fundação Cerrados, Fundação Bahia, Unipasto, Agrocinco, Associação de Criadores de Zebu do Planalto (ACZP), Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP), Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Instituto Agronômico do Paraná (Iapar), Stevia Soul, Universidade de Brasília (UnB), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA). Agradecemos também, de modo muito especial, à rede de licenciados para produção e comercialização de material propagativo com garantia de origem genética, às cooperativas, associações e produtores rurais que auxiliam nos trabalhos de seleção (melhoramento genético participativo) e validação das cultivares em diferentes regiões e sistemas de produção, contribuindo para os estudos de interação genótipo x ambiente e demais ações de pós-melhoramento e transferência de tecnologia.

APRESENTAÇÃO

A Embrapa Cerrados desempenha um papel crucial na pesquisa, desenvolvimento, transferência de tecnologia e inovação em uma ampla variedade de culturas. Isso inclui o gerenciamento de 12 bancos de germoplasma e a participação em aproximadamente 40 programas de melhoramento genético envolvendo cereais, frutíferas exóticas e nativas, oleaginosas, plantas industriais, florestais, forrageiras, além do melhoramento genético de bovinos de leite e de corte. Para resgatar um pouco da história, apresentar a situação atual e as perspectivas de desenvolvimento tecnológico destas ações foi realizado o seminário Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados.

Este livro é uma compilação das informações apresentadas e discutidas no referido seminário, quando foram apresentadas 34 palestras técnicas por 25 pesquisadores da Embrapa Cerrados. Além disso, são disponibilizados links que remetem a nove módulos sobre os temas discutidos na obra. Isso oferece aos interessados a oportunidade de aprofundar seu conhecimento sobre os assuntos abordados.

Enfatiza-se ainda a importância da continuidade e do fortalecimento dos programas de melhoramento genético, considerando que cultivares e animais geneticamente superiores são importantes vetores de inovação, sendo essenciais para a sustentabilidade dos sistemas de produção vegetal e animal.

Este livro contribui para o cumprimento de vários dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com destaque para os números 2, 8, 10, 11, 12 e 17 que visam acabar com a fome, promover a agricultura e o crescimento sustentáveis, com a inclusão social e apoio a relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, peri-urbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento, promovendo a transferência, a disseminação e a difusão de tecnologias economicamente viáveis, ambientalmente corretas e socialmente justas. Os 17 ODS foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 e compõem uma agenda mundial para a construção e implementação de políticas públicas que visam guiar a humanidade até 2030.

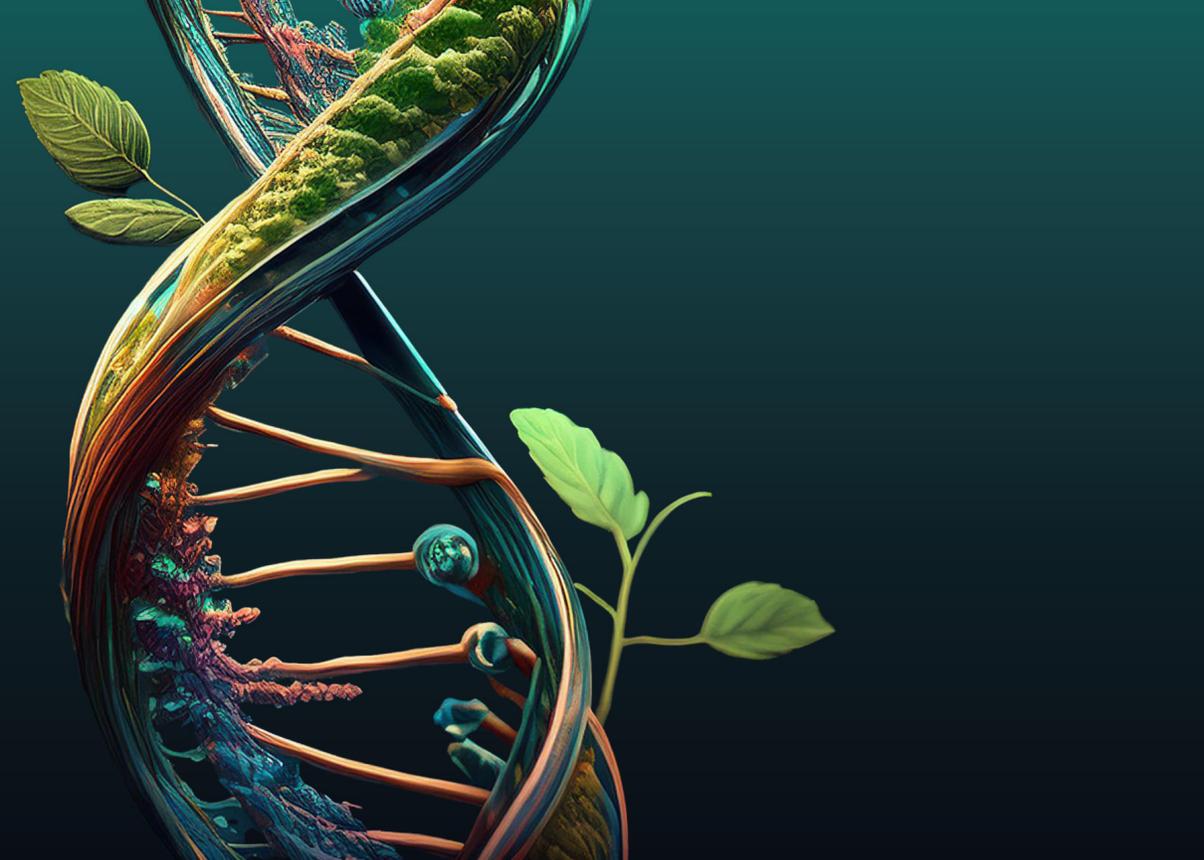
Sebastião Pedro da Silva Neto
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Bancos de Germoplasma na Embrapa Cerrados	15
CAPÍTULO 2 – Programa de Melhoramento Genético dos Maracujás (<i>Passiflora</i> L.)	39
CAPÍTULO 3 – Validação de Clones de Eucalipto com Potencial de Maior Densidade da Madeira na Embrapa Cerrados	45
CAPÍTULO 4 – Seleção de Zebuínos com Aptidão Leiteira por meio de Biotécnicas Reprodutivas em Sistema Agroambiental Sustentável	53
CAPÍTULO 5 – Programa de Melhoramento Genético de Cevada (<i>Hordeum Vulgare</i> L.)	59
CAPÍTULO 6 – A Pesquisa com Microrganismos do Solo na Embrapa Cerrados.....	65
CAPÍTULO 7 – Programa de Melhoramento Genético de Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	71
CAPÍTULO 8 – Programa de Melhoramento Genético das Pitayas	77
CAPÍTULO 9 – Programa de Melhoramento Genético de Bovinos da Raça Nelore da Embrapa Cerrados: Nelore BRGN.....	83
CAPÍTULO 10 – Desempenho Agronômico e Tecnológico de Genótipos de Sorgo Sacarino [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] no Distrito Federal, 2015/2016	91
CAPÍTULO 11 – Coleção Adubos Verdes/Plantas de Cobertura	97
CAPÍTULO 12 – Programa de Melhoramento Genético da Seringueira...103	
CAPÍTULO 13 – Programa de Melhoramento Genético dos Cafés (<i>Coffea arabica</i> e <i>Coffea canephora</i>)	115
CAPÍTULO 14 – Caracterização e Uso de Recursos Genéticos de Mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomez).....	123

CAPÍTULO 15 – Programa de Melhoramento Genético de Pseudocereais (Quinoa e Amarantho).....	129
CAPÍTULO 16 – Programa de Melhoramento Genético da Macaúba	137
CAPÍTULO 17 – Programa de Melhoramento Genético da Estévia.....	143
CAPÍTULO 18 – Programa de Melhoramento Genético de Brachiaria: participação da Embrapa Cerrados	147
CAPÍTULO 19 – Programa de Melhoramento Genético da Soja para o Centro Norte do Brasil	153
CAPÍTULO 20 – Caracterização de Germoplasma e Cultivares de Abacate para Sistema de Produção no Cerrado	159
CAPÍTULO 21 – Caracterização e uso de recursos genéticos de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess).....	165
CAPÍTULO 22 – Programa de Melhoramento Genético de <i>Panicum maximum</i> : participação da Embrapa Cerrados	169
CAPÍTULO 23 – Programa de Melhoramento Genético de Milho	175
CAPÍTULO 24 – Melhoramento Genético e o Uso de Herbicidas: experiência nos projetos de tomate e batata-doce.....	183
CAPÍTULO 25 – Programa de Melhoramento Genético da Graviola (<i>Annona muricata</i> L.)	189
CAPÍTULO 26 – Programa de Melhoramento Genético de Citros (Limão Tahiti)	191
CAPÍTULO 27 – Germoplasma e Melhoramento Genético do Baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel, Fabaceae)	193
CAPÍTULO 28 – Melhoramento Genético do Trigo	197
CAPÍTULO 29 – Melhoramento Genético do Feijão	203
CAPÍTULO 30 – Programa de Melhoramento Genético de Araçá (<i>Psidium</i> sp.).....	207

CAPÍTULO 31 – Melhoramento Genético do Capim-Elefante	211
CAPÍTULO 32 – Melhoramento Genético de Capim-Andropogon (<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.).....	215
CAPÍTULO 33 – Germoplasma e Melhoramento Genético da Mandioca.....	225
CAPÍTULO 34 – Germoplasma e Melhoramento Genético da Manga.....	233
CAPÍTULO 35 – Melhoramento Genético de Leguminosas Forrageiras	241
ANEXO A – Uma Jornada pela Pesquisa e Inovação da Embrapa Cerrados.....	255



CAPÍTULO 1 – Bancos de Germoplasma na Embrapa Cerrados

Fábio Gelape Faleiro, Renato Fernando Amábile, Josefino de Freitas Fialho, Marcelo Fideles Braga, José Teodoro de Melo, Eduardo Alano Vieira, Tadeu Graciolli Guimarães, Marcelo Ayres Carvalho e Fábio Bueno dos Reis Júnior

Banco Ativo de Germoplasma de *Passiflora* L. 'Flor da Paixão' (Maracujás)

Curador: Fábio Gelape Faleiro

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Passiflora* L. 'Flor da Paixão' abriga uma das maiores coleções de passifloras (maracujás) do mundo. O principal objetivo desse BAG é servir de base genética para os programas de melhoramento genético de diferentes espécies do gênero *Passiflora*.

Estima-se que já passaram por processos de caracterização no BAG 'Flor da Paixão' mais de 400 acessos de mais de cem espécies diferentes do gênero *Passiflora*. Atualmente, o BAG conta com 193 acessos caracterizados e disponibilizados no Portal Alelo RG (Figuras 1.1 a 1.4).

A conservação no BAG 'Flor da Paixão' tem contribuído para a redução da erosão genética, principalmente a causada pelo avanço das fronteiras agrícolas do Centro-Norte do Brasil que é o local de maior diversidade genética do gênero *Passiflora*. O enriquecimento do BAG tem sido realizado com acessos que apresentem características úteis para programas de melhoramento genético. Diferentes grupos de características são utilizados na caracterização e avaliação de acessos de maracujás destacando-se as características ecológicas, morfológicas, agrônômicas e moleculares. A utilização dos recursos genéticos de Passifloras tem sido realizada no fornecimento de genes de interesse para programas de melhoramento genético, no seu uso per se como porta-enxertos, como alternativas para a diversificação dos sistemas de produção, como novos alimentos para consumo in natura e processamento industrial, e como plantas ornamentais e funcionais-medicinais. A documentação das informações do BAG 'Flor da Paixão' tem sido realizada por meio do depósito no Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e também no Portal Alelo RG. As informações das exsicatas podem ser obtidas no site Specieslink e os dados de caracterização morfológica estão disponíveis no site do Alelo.



Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Figura 1.1. Construção do Banco Ativo de Germoplasma 'Flor da Paixão'.



Figura 1.2. Placa de inauguração do Banco Ativo de Germoplasma 'Flor da Paixão'.



Fotos: Fábio Gealpe Faleiro

Figura 1.3. Banco Ativo de Germoplasma Flor da Paixão em processo de conservação e caracterização.



Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Figura 1.4. Diversidade de flores e frutos de diferentes espécies e híbridos do gênero *Passiflora*.

Banco de Germoplasma de Seringueira

Curador: Josefino de Freitas Fialho

O Banco de Germoplasma de Seringueira (BGHevea) foi implantado nos campos experimentais da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, durante a década de 1990. O acervo atualmente é composto por 827 genótipos de diferentes espécies e procedências, sendo 321 genótipos clonados e 506 pés-francos, os quais são conservados a campo, em condição de seringal e jardim clonal, permitindo a realização de avaliações e caracterizações, bem como a produção e manutenção de hastes clonais juvenis, para propagação, intercâmbio e utilização no programa de melhoramento (Figura 1.5).



Foto: Josefino de Freitas Fialho

Figura 1.5. Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba em processo de conservação e caracterização.

Na década de 1990, foi realizada a transferência de parte do germoplasma de seringueira do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), Manaus, AM, além da introdução de outros genótipos de

diferentes instituições nacionais e internacionais para o Banco de Germoplasma de Seringueira. A conservação de todos os acessos do BGHevea é feita a campo, uma vez que a cultura apresenta dificuldades de propagação *in vitro* e possui sementes recalcitrantes, que não podem ser armazenadas. Parte dos acessos do BGHevea em fase adulta (seringal) vem sendo avaliada quanto ao crescimento em circunferência do tronco e à produção anual de borracha seca por planta, ao período de troca das folhas e florescimento, à incidência de doenças foliares, além de caracterizações morfológicas das plantas e suas partes (tronco, copa, folhas e sementes). Na fase jovem (jardim clonal), também são realizadas caracterizações morfológicas das folhas.

A borracha natural é de grande importância, tanto pelos pneumáticos na indústria automobilística e na aviação, quanto por centenas de artefatos empregados em diversos setores, como: saúde (luvas cirúrgicas, preservativos, bicos de mamadeira e afins), eletroeletrônicos e eletrodomésticos, calçadista, mineração e siderurgia, entretenimento, petrolífera, saneamento, construção civil e indústrias em geral (Figura 1.6). A documentação dos acessos do BGHevea, como os dados de passaporte e os dados de caracterização e avaliação, estão sendo armazenados em planilhas e, posteriormente, serão inseridos em base de dados, na plataforma institucional Alelo, assim como todos os registros de imagens dos genótipos do BGHevea.



Foto: Josefino de Freitas Fialho

Figura 1.6. Detalhe da coleta de látex de acesso de seringueira.

Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba

Curador: Marcelo Fideles Braga

O Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados (BAGMC), conta com cem acessos de diferentes regiões do território brasileiro (Figura 1.7). O BAGMC foi instalado em dezembro de 2008 e situa-se na área experimental da unidade, localizada em Planaltina, DF em formato de Coleção de Trabalho (com delineamento experimental), permitindo além da caracterização, a avaliação agronômica. Os cem acessos estão delineados em blocos ao acaso, com três repetições constituídas de parcelas com quatro plantas, totalizando 1,2 mil genótipos.



Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Figura 1.7. Banco de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados.

Todos os acessos do BAGMC são conservados em campo. A coleção é composta apenas por uma única espécie de macaúba, *Acrocomia aculeata*. As demais espécies com ocorrência no Brasil, *A. intumescens*, *A. totai* e *A. corumbaensis* não estão representadas. Os acessos são oriundos de diversas regiões do Brasil abrangendo Minas Gerais, São Paulo, Pará, Goiás e Distrito Federal. O BAGMC vem sendo caracterizado e avaliado desde 2010. Nos

primeiros anos do desenvolvimento inicial das plantas foram realizadas caracterizações de aspectos morfológicos relacionados com folhas e estirpe e genotipagem. A partir de 2014, iniciaram-se as avaliações do período produtivo (primeiro florescimento, espatas e cachos emitidos). Em 2017/2018, foi avaliada a primeira safra.

A macaúba apresenta diversos usos potenciais do óleo, polpa e amêndoa. O BAGMC será a população base para o Programa de Melhoria de Macaúba da Embrapa Cerrados. O objetivo será selecionar genótipos potenciais de macaúba para maior rendimento de óleo com base na aplicação de seleção genômica ampla visando estabelecer um programa de melhoramento genético de macaúba (Figura 1.8). Toda a documentação referente aos dados de passaporte, e dados de observação (caracterização e avaliação), além de dados moleculares e registro de imagens estão sendo inseridos em base de dados, na plataforma institucional Alelo. Diversos parceiros contribuíram com financiamentos: Embrapa, Petrobrás, Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTIC) e Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF).



Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Figura 1.8. Acesso de macaúba com alta produtividade.

Banco Ativo de Germoplasma de Pitayas

Curador: Fábio Gelape Faleiro

A pitaya é uma fruta conhecida mundialmente como dragon fruit ou fruta-do-dragão que pertence à família Cactaceae, a qual possui aproximadamente cem gêneros e 1,5 mil espécies, originadas da América. O Cerrado brasileiro pode ser considerado um centro de dispersão das pitayas que são encontradas vegetando naturalmente em maciços rochosos, troncos de árvores, solos arenosos, campos rupestres e em áreas de transição com outros biomas brasileiros.

A implantação do BAG de pitayas da Embrapa Cerrados foi feita em 1996 com acessos coletados nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, especialmente, no bioma Cerrado e em ecótonos, em fitofisionômias como Cerrado rupestre, Cerrado típico, Serras e em Matas de galeria, também em muros de fazendas antigas e em áreas urbanas de cidades históricas de Minas Gerais e Goiás (Figura 1.9). Ainda na década de 1990, o BAG foi enriquecido com materiais doados por voluntários, na maioria por agricultores e colecionadores e adquiridos em mercados brasileiros. Em 2004, o BAG tinha 256 acessos, os quais passaram por um processo de caracterização agrônômica. Muitos destes acessos não desenvolveram bem nas condições experimentais da Embrapa Cerrados (Coordenadas geográficas: 15°35'34,42"S e 47°43'53,41"W). Nos anos 2000, o número de acessos foi reduzido para aproximadamente 50, porque as ações de pesquisa e desenvolvimento foram concentradas nas espécies de maior potencial comercial e naquelas potencialmente úteis em programas de melhoramento genético.

A redução do número de acessos em processo de caracterização foi também necessária considerando a necessidade de montagem de experimentos com repetições para avaliação de características agrônômicas relacionadas principalmente à produtividade, características físicas e químicas de frutos, autocompatibilidade e resistência a doenças (Figura 1.10). Este trabalho de caracterização mais detalhado permitiu a seleção de seis acessos geneticamente superiores de *Selenicereus undatus*, sete de *Selenicereus setaceus*, quatro de *Selenicereus costaricensis* e quatro de *Selenicereus megalanthus*. Os acessos selecionados passaram a ser utilizados em trabalhos de ajustes do sistema de produção e também para a obtenção de híbridos intraespecíficos e interespecíficos com o objetivo de ampliar a base genética

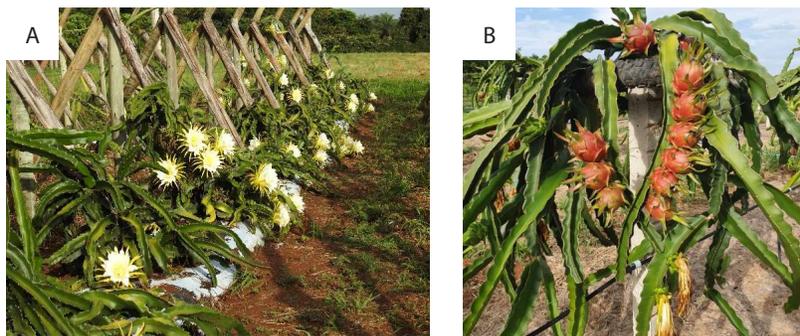
Banco Ativo de Germoplasma de Pitaya em processo de conservação e caracterização

para trabalhos de seleção clonal visando ao desenvolvimento de cultivares geneticamente superiores.



Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Figura 1.9. Banco Ativo de Germoplasma de Pitaya em processo de conservação e caracterização.



Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Figura 1.10. Acessos de pitayas em florescimento (A) e em frutificação (B).

Banco Ativo de Germoplasma de Pequi

Curador: José Teodoro de Melo

O Banco Ativo de Germoplasma de Pequi foi estabelecido em janeiro de 1999 e ocupa uma área de aproximadamente 7,0 ha da Embrapa Cerrados (Figura 1.11). Os acessos e as matrizes selecionadas de Pequi provenientes de sementes ou a partir da clonagem via enxertia são cultivados no espaçamento de 8 m entre plantas e 4 m entre fileiras para pequis de porte elevado e de 3 m entre plantas por 4 m entre fileiras para pequi-anão.

Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira



Figura 1.11. Banco Ativo de Germoplasma de Pequi em processo de conservação e caracterização.

A espécie *C. brasiliense* Camb. se divide em duas subespécies: a *C. brasiliense brasiliense*, que se caracteriza por apresentar os pedúnculos, pedicelos e folíolos densamente velutinos ou hirsutos, e por seus indivíduos apresentarem porte arbóreo; e a subespécie *C. brasiliense intermedium* (pe-

qui-anão), que apresenta folíolos menores e glabrescentes, além de seus indivíduos serem subarbustos ou arbustos. O pequi-anão ocorre em Mato Grosso, São Paulo, Paraná e Minas Gerais e difere da subespécie brasileira nos pedicelos e pedúnculos glabros ou esparsamente pouco pubéru-los, pelas lâminas das folhas com a face ventral plana, glabra ou somente esparsamente hirsuta, e a face dorsal esparsamente hirsuta, e pelo menor crescimento com hábito subarbusivo (Figuras 1.12 e 1.13).

Acessos conservados/espécies conservada(s): *Caryocar brasiliense* subsp. *Intermedium*: 12 acessos coletados no município de Ingai, MG entre as latitudes 21°23'53,21"S e 21°23'25,42"S e longitudes 44°50'49,89"O e 44°49'28,84"O; *Caryocar brasiliense*: um acesso coletado em Cocalinho, MT, latitude 14°23'20,17"S e longitude 51°02'52,21"O; *Caryocar brasiliense*: um acesso coletado em Vila Rica, MT latitude 10°00'05,78"S e longitude 51°01'38,31"O; *Caryocar brasiliense*: um acesso coletado em Santa Teresinha, MT latitude 10°28'17,49"S e longitude 50°31'32,87"O; *Caryocar brasiliense*: um acesso coletado em Lagoa da Confusão, TO latitude 10°48'34,46"S e longitude 49°38'36,34"O; *Caryocar brasiliense*: um acesso coletado em Pequiizeiro, TO latitude 8°35'21,85"S e longitude 48°55'32,41"O; *Caryocar brasiliense*: dois acessos coletados em Montes Claros, MG latitude 16°22'3,72"S e longitude 44°13'8,38"O; *Caryocar brasiliense*: dois acessos coletados em Ubaí, MG latitude 16°19,827'S e longitude 44°44,068'O; *Caryocar brasiliense*: oito acessos coletados no município de Canarana, MT entre as latitudes 13°30'47,9"S e 13°30'55,2"S e longitudes 52°43'17,6"O e 52°43'27,5"O; *Caryocar brasiliense* spp.: quatro acessos coletados no município de Canarana, MT entre as latitudes 13°30'43,7"S e 13°30'46,0"S e longitudes 52°43'17,8"O e 52°43'18,2"O.

As atividades desenvolvidas incluem a manutenção por meio da roçagem nas entrelinhas e capina ou o uso de herbicidas nas linhas das plantas, o combate a formigas e a manutenção de aceiros e adubação anual; a caracterização quanto ao porte e arquitetura da copa, as suas folhas e os seus frutos, o diâmetro do tronco e o tipo de ramificação, e a caracterização por meio de descritores morfológicos e fenológicos das plantas e frutos e suas características físico-químicas. São também realizadas a documentação na base Alelo e a disponibilização dos acessos. A caracterização agrônômica em diferentes regiões e a seleção clonal de matrizes superiores também têm sido realizadas.



Foto: Ailton Vitor Pereira

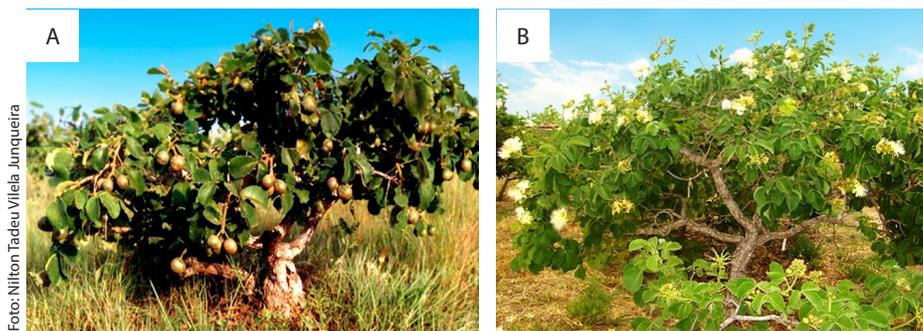
Figura 1.12. Diversidade de frutos e flores de acessos de pequi.

Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Figura 1.13. Acessos de pequi-anão (A) e pequizeiro em florescimento (B).

Banco Ativo de Germoplasma de Mangaba

Curador: José Teodoro de Melo

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomez) é uma árvore pertencente à família das Apocináceas encontrada naturalmente no Brasil. Sua distribuição ocorre nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, com maior abundância nas áreas de tabuleiros e baixadas litorâneas do Nordeste, onde se encontra quase a totalidade da produção nacional (Figura 1.14 e 1.15). O fruto é tipo baga elipsoide ou esférica, possui cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca, mole e fibrosa que recobre 2 a 15 sementes. Em estado de maturação, o fruto tem casca amarelada com manchas avermelhadas, é aromático e bastante perecível.



Figura 1.14. Banco Ativo de Germoplasma de Mangaba em processo de conservação e caracterização.

Foto: José Teodoro de Melo

Foto: Allton Vitor Pereira



Figura 1.15. Acesso de mangaba em frutificação.

As mangabeiras nativas têm sido muito exploradas e devastadas, principalmente na região Nordeste onde sofrem intenso extrativismo causando intensa erosão genética. A ameaça de extinção das mangabeiras, especialmente, as do bioma Cerrado, das quais pouco se conhece, mostra a importância da manutenção de germoplasma, além, é claro das populações nativas.

O Banco Ativo de Germoplasma de Mangaba foi implantado em dezembro de 1999. São conservados 15 acessos coletados em Goiás nos municípios de Padre Bernardo e Goiás e no Distrito Federal. As atividades desenvolvidas incluem a conservação *ex situ*, com ações para evitar incêndios, tratos culturais e a caracterização por meio de descritores morfológicos e fenológicos das plantas e frutos e suas características físico-químicas. São também realizadas a documentação na base Alelo e a disponibilização dos acessos. A caracterização agrônômica em diferentes regiões e a seleção clonal de matrizes superiores também têm sido realizadas.

Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca: banco regional do Cerrado

Curador: Eduardo Alano Vieira

No Brasil, centro de origem e de diversidade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a espécie é cultivada em praticamente todas as regiões, ocupando papel de destaque na indústria, alimentação humana e animal. Em função da grande importância da cultura para o país, foram criados e vêm sendo mantidos, bancos de germoplasma de mandioca.

No caso do Brasil, que é rico em biodiversidade, porém dependente de germoplasma externo das principais culturas de importância econômica, a mandioca se destaca como espécie estratégica. O Brasil é signatário do Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e Agricultura (TIRFAA) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e uma das ações desse tratado é a implementação de um sistema multilateral de acesso facilitado aos recursos genéticos. O tratado objetiva garantir que os recursos genéticos para a agricultura e a alimentação, vitais para a sobrevivência humana, sejam conservados e utilizados de forma sustentável, e que os benefícios derivados de seu uso sejam distribuídos de forma justa e equitativa. A mandioca, em razão de sua importância no cenário mundial foi a espécie brasileira escolhida e o fato de o Brasil possuir diversidade de mandioca facilita a obtenção de germoplasma de espécies importantes para a alimentação e agricultura procedentes de outros países.

A Embrapa Cerrados coordena o Banco Regional de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC), que reúne cerca de 300 acessos (ou possíveis variedades de diferentes procedências) e tem por objetivo conservar a variabilidade genética de mandioca presente na região do Cerrado Brasileiro (Figura 1.16). A forma de conservação empregada é a campo, onde são mantidas dez plantas de cada acesso, em espaçamento de 1,20 m entre as linhas e 1,00 m entre as plantas. Todos os anos os acessos são colhidos e replantados. Constantemente, novos acessos são incluídos ao BGMC. Esses novos acessos são obtidos por meio de coleta e/ou intercâmbio com outras instituições de pesquisa do Brasil e do mundo.

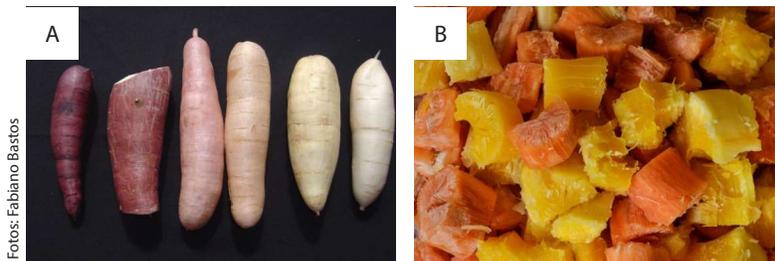
Atualmente, todos os acessos conservados no BGMC estão caracterizados por meio de marcadores moleculares *Single Nucleotide Polymorphisms* (SNPs) e também com base em 40 descritores morfológicos. Os descritores morfológicos envolvem caracteres relacionados à folha, pecíolo, ramos, raízes, resistência a pragas e doenças, caracteres

agronômicos (produtividade, cocção, matéria seca nas raízes, altura da planta, etc) e para o teor de HCN nas raízes a qual determina o acesso é de mandioca brava ou mansa (Figura 1.17). Todo esse trabalho é desenvolvido com o objetivo de conservar para gerações futuras o germoplasma de mandioca, bem como para a sua utilização de imediato na indústria e agricultura brasileira.



Foto: Fabiano Bastos

Figura 1.16. Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca em processo de conservação e caracterização.



Fotos: Fabiano Bastos

Figura 1.17. Diversidade de cores de casca (A) e polpa de acessos de mandioca (B).

Banco Ativo de Germoplasma de Manga

Curador: Tadeu Gracioli Guimarães

O Banco Ativo de Germoplasma de Manga (*Mangifera indica* L.) localiza-se na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, e conta, atualmente, com 56 cultivares e diversos híbridos em fase de testes, mantidos em condições de campo com irrigação por microaspersão. Sua formação foi iniciada nas décadas de 1970/1980 para dar suporte às pesquisas para a obtenção de novas cultivares de manga para o cultivo no Brasil. Atualmente, possui cultivares provenientes de diversos países do mundo como África do Sul, México, Austrália, Índia, Tailândia e EUA, além de várias cultivares nativas no Brasil como as do grupos Espada e Rosa, e as cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento de Manga da Embrapa como as BRS Alfa 142, BRS Roxa 141, BRS Beta, BRS Lita e BRS Ômega. As áreas de cultivo e manutenção dos materiais vêm sendo renovadas periodicamente e são mantidas por meio da realização de práticas culturais integradas, recomendadas às exigências agronômicas da cultura da mangueira, de forma a garantir condições favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento em condições de cultivo a campo (Figuras 1.18, 1.19 e 1.20).



Foto: Tadeu Gracioli Guimarães

Figura 1.18. Banco Ativo de Germoplasma de Manga em processo de conservação e caracterização.

Foto: Tadeu Graciolli Guimarães



Figura 1.19. Detalhe de frutos de acessos de manga.

Foto: Tadeu Graciolli Guimarães



Figura 1.20. Acesso de manga com alta produtividade.

Banco Ativo de Germoplasma de Abacate

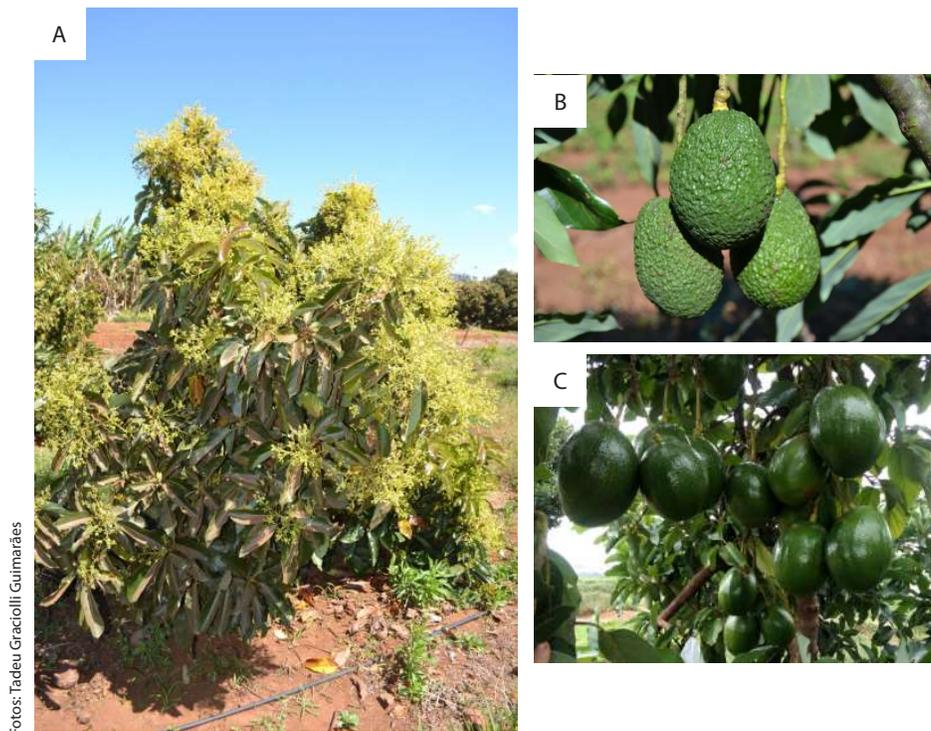
Curador: Tadeu Gracioli Guimarães

O Banco Ativo de Germoplasma de Abacate (*Persea americana* Mill.) localiza-se na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, e conta, atualmente com 30 cultivares e diversos híbridos em fase de testes, mantidos em condições de campo com irrigação por microaspersão. O BAG possui cultivares provenientes de diversos países do mundo como o México, Estados Unidos, América Central e Caribe, e também as principais cultivares brasileiras de abacate tropical como Quintal, Fortuna, Geada e Margarida. Sua formação foi iniciada nas décadas de 1970/1980 por meio de pesquisas para aprimoramento do cultivo do abacateiro no Brasil central. As áreas de cultivo e manutenção dos materiais vêm sendo renovadas periodicamente e são mantidas por meio da realização de práticas culturais integradas, recomendadas às exigências agronômicas da cultura do abacateiro, de forma a garantir condições favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento em condições de cultivo a campo (Figuras 1.21 e 1.22).



Figura 1.21. Banco Ativo de Germoplasma de Manga em processo de conservação e caracterização.

Foto: Tadeu Gracioli Guimarães



Fotos: Tadeu Gracioli Guimarães

Figura 1.22. Acesso de abacate em florescimento (A), detalhe de frutos (B) e acesso de abacate (C).

Banco Ativo de Germoplasma de Barú

Curador: José Teodoro de Melo

O baru (*Dipteryx alata* Vogel, Leguminosae Faboideae) é uma espécie arbórea que ocorre no Brasil Central, principalmente em Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e é valorizada por suas diversas utilizações. Considerada grande fixadora de nitrogênio no solo, ocorre em solos considerados mais férteis, entre aqueles dos cerrados, cerradões e matas. É uma espécie muito importante do Cerrado, devido ao amadurecimento dos frutos ocorrerem no período seco, servindo de alimento para a fauna e também devido aos seus usos múltiplos, entre eles o alimentar, madeireiro, medicinal, industrial, paisagístico e na recuperação de áreas degradadas.

O Banco Ativo de Germoplasma de Barú (*Dipteryx alata* Vog) foi implantado em 1990 e conserva acessos de sete procedências coletados em Formosa, Goiás e em Paracatú e Unaí, Minas Gerais (Figura 1.23). As atividades desenvolvidas incluem a manutenção, caracterização fenotípica, documentação na base Alelo e disponibilização dos acessos. A caracterização agrônômica em diferentes regiões e a seleção clonal de matrizes superiores também têm sido realizadas.



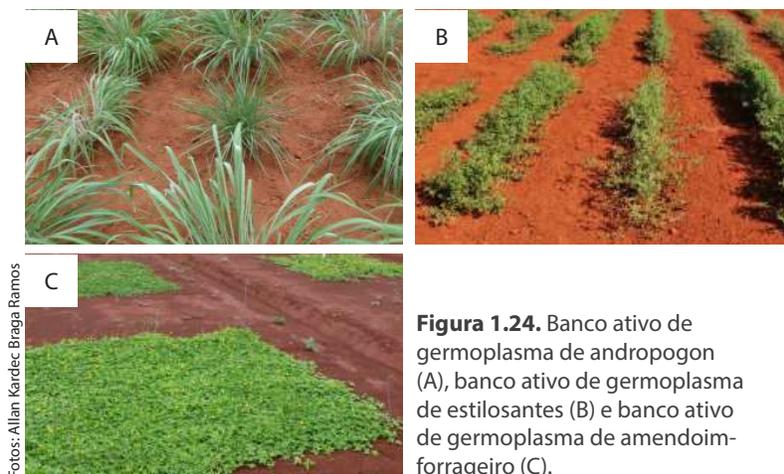
Figura 1.23. Banco Ativo de Germoplasma de Barú em processo de conservação e caracterização.

Banco Ativo de Germoplasma de Forrageiras

Curador: Marcelo Ayres Carvalho

O Banco Ativo de Germoplasma de Forrageiras para o Cerrado foi estabelecido em 1976 e armazena mais de 2,5 mil acessos dos principais gêneros e espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais com potencial para utilização em sistemas de produção pecuário, sistemas agrícolas integrados, sistemas de produção de biomassa para a geração de energia e também para o desenvolvimento de novos produtos para a bioeconomia. Algumas das espécies de gramíneas e leguminosas armazenadas são endêmicas do Brasil, representando uma amostra da biodiversidade do Bioma Cerrado Figuras 1.24). Por essa razão, sua conservação, manutenção e caracterização é de extrema importância para o Brasil. Informações sobre origem e local de coleta desse germoplasma encontram-se registrado no Sistema Gerenciador de Banco de Germoplasma – Alelo.

As principais atividades desenvolvidas no BAG de forrageiras são: (1) a conservação com qualidade e a disponibilização de amostras de material genético ou sementes para pesquisas em caracterização agrônômica ou molecular e o desenvolvimento de ferramentas de biologia molecular (marcadores e etc); (2) a seleção de acessos superiores para uso em programas de melhoramento genético e o registro de novos cultivares; (3) o desenvolvimento de novos produtos para uso na bioeconomia.



Fotos: Allan Kárdex Braga Ramos

Figura 1.24. Banco ativo de germoplasma de andropogon (A), banco ativo de germoplasma de estilosantes (B) e banco ativo de germoplasma de amendoim-forrageiro (C).

Coleção de Culturas de Microrganismos Multifuncionais: bactérias diazotróficas e promotoras do crescimento de plantas

Curador: Fábio Bueno dos Reis Junior

A Coleção de Culturas de Microrganismos Multifuncionais da Embrapa Cerrados: bactérias diazotróficas e promotoras do crescimento de plantas foi iniciada na década de 1980 e é sediada no Laboratório de Microbiologia do Solo. Essa coleção de trabalho faz parte da Rede de Recursos Genéticos Microbianos da Embrapa e tem como objetivo identificar, caracterizar e preservar linhagens de bactérias diazotróficas simbióticas, além de bactérias promotoras do crescimento de plantas, de interesse agrícola e/ou ambiental, possuindo isolados nativos e naturalizados de solos brasileiros.

Desde a sua criação, a coleção tem sido fonte de material para a busca de estirpes mais eficientes nos processos de fixação biológica do nitrogênio, o que permitiu a seleção e o lançamento de estirpes de rizóbios, para a utilização em inoculantes comerciais para culturas como soja, feijão e ervilha, além de leguminosas forrageiras e adubos verdes. Atualmente, também são realizados estudos com beta-rizóbios, como as bactérias do gênero *Paraburkholderia*, capazes de formar nódulos em leguminosas nativas do Cerrado, principalmente *Mimosa* spp.

A coleção conta atualmente com cerca de 1,7 mil estirpes, sendo a maioria pertencente aos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* e *Paraburkholderia* e os métodos de conservação utilizados para a manutenção dos microrganismos da coleção são: (a) criopreservação (-80 °C); (b) meio sólido inclinado mantido a 4 °C (para uso corrente); (c) liofilização (Figura 1.25).



Fotos: Fábio Bueno dos Reis Júnior (A, B, D e F) e Fabiano Bastos (C)

Figura 1.25. Banco ativo de germoplasma de microrganismos em processo de conservação (A); experimento de avaliação de microrganismos (B); detalhe de nodulação de bactérias fixadoras de nitrogênio em soja (C); detalhe de isolamento de estirpes de bactérias em sistema de cultivo (D); e estrutura de conservação de microrganismos (E).



Diversidade de frutos e flores de maracujás do programa de melhoramento genético

Fotos: Nilton Junqueira e Fábio Faleiro

CAPÍTULO 2 – Programa de Melhoramento Genético dos Maracujás (*Passiflora* L.)

Fábio Gelape Faleiro
 Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético dos maracujás (*Passiflora* L.) (PMG) realizado pela Embrapa e parceiros foi iniciado em 1996 com a implantação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma de Passifloras da Embrapa Cerrados. Para aprofundar nos estudos, foi iniciado, em 2005, o projeto Caracterização de Germoplasma e Melhoramento Genético do Maracujazeiro Assistidos por Marcadores Moleculares, cujos principais resulta-

dos relacionados à pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia foram relatados por Faleiro et al. (2008).

Uma segunda fase desse projeto foi realizada de 2008 a 2012 e os resultados publicados por Faleiro et al. (2014). A terceira fase, realizada de 2013 a 2016, contou com uma importante complementação orçamentária do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com o financiamento do projeto Pré-Melhoramento, Melhoramento e Pós-Melhoramento Genético dos Maracujazeiros Azedo, Doce e Silvestre Visando a sua Utilização para Consumo in Natura, Processamento Industrial e Ornamental, cujos resultados foram publicados por Faleiro et al. (2017). Em 2017, foi iniciada uma nova fase (Fase IV) do projeto, a qual foi financiada pela Embrapa com a complementação orçamentária de projetos aprovados por órgãos de fomento nacionais (CNPq; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes) e regionais (Fundação de Amparo à Pesquisa – FAP), além da iniciativa privada (Agrocincin Ltda., Cooperativas, Viveiristas e Produtores). Os resultados desta Fase IV foi publicada por Faleiro et al. (2021).

Ao longo das décadas de pesquisa, foram desenvolvidas várias cultivares de maracujazeiros azedo, doce, silvestre, ornamental e medicinal. Uma ampla rede de parcerias foi estabelecida para a montagem de unidades demonstrativas e de referência tecnológica, subsidiando a validação e a recomendação das cultivares desenvolvidas para todas as regiões do Brasil. Parcerias público-privadas também foram estabelecidas para a logística de produção e comercialização de sementes e mudas e também para as necessárias ações de transferência de tecnologia (Figura 2.1).

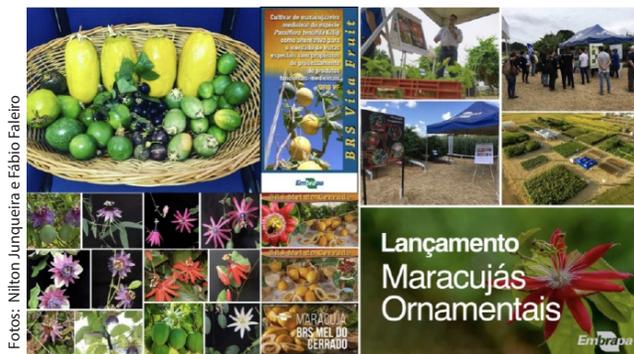


Figura 2.1. Uso múltiplo e diversificado dos maracujás.

Objetivos

Os objetivos do Programa de Melhoramento Genético incluem caracterizar e utilizar o germoplasma das passifloras em programas de melhoramento genético do maracujazeiro azedo, doce, silvestre, ornamental, funcional-medicinal e de porta-enxertos visando ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, produtivas, com qualidade físico-química de frutos, e à resistência múltipla a pragas e doenças e adaptadas a diferentes sistemas de produção e regiões do Brasil. Considerando a diversidade genética dos maracujás, o foco do Programa é trabalhar o uso múltiplo e diversificado dos maracujás para a geração de emprego e renda em toda a cadeia produtiva.

Estratégias de melhoramento

Melhoramento genético convencional (seleção massal, seleção recorrente e obtenção de híbridos intraespecíficos e interespecíficos com base na capacidade específica e geral de combinação) auxiliado por ferramentas biotecnológicas como os marcadores moleculares do ácido desoxirribonucleico (DNA) e cultura de tecidos. O PMG utiliza análises genômicas com base em marcadores moleculares do DNA (RAPD, ISSR, SSR, SNPs, etc.)¹ em diferentes etapas do Programa de Melhoramento Genético (PMG) (caracterização de recursos genéticos, pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento) para aumentar a eficiência e diminuir o tempo necessário para o desenvolvimento das cultivares.

Cultivares lançadas

Informações extraídas da página de cultivares da Embrapa (Embrapa, 2021).

2008: Maracujá azedo BRS Gigante Amarelo (BRS GA1)

2008: Maracujá azedo BRS Sol do Cerrado (BRS SC1)

2008: Maracujá azedo BRS Ouro Vermelho (BRS OV1)

2012: Maracujá azedo BRS Rubi do Cerrado (BRS RC)

2013: Maracujá silvestre BRS Pérola do Cerrado (BRS PC)

2016: Maracujá silvestre BRS Sertão Forte (BRS SF)

¹Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD); *Inter Sequence Simple Repeats* (ISSR); *Simple Sequence Repeat* (SSR); *Single Nucleotide Polymorphisms* (SNPs).

- 2017: Maracujá doce BRS Mel do Cerrado (BRS MC)
- 2019: Maracujá ornamental BRS Estrela do Cerrado
- 2019: Maracujá ornamental BRS Rubiflora
- 2019: Maracujá ornamental BRS Roseflora
- 2019: Maracujá ornamental BRS Rósea Púrpura (BRS RP)
- 2019: Maracujá ornamental BRS Céu do Cerrado (BRS CC)

Previsão de lançamento de novas cultivares

- 2024: Maracujá silvestre BRS VF
- 2024: Maracujá silvestre BRS MJ
- 2024: Maracujá silvestre BRS MJA1
- 2024: Porta enxerto BRS TN
- 2024: Porta enxerto BRS TB
- 2024: Porta enxerto BRS RJ MD
- 2024: Porta enxerto UFERSA BRSRM 153
- 2025: Maracujá silvestre BRS MML
- 2025: Maracujá silvestre BRS MMC1
- 2025: Maracujá-doce BRS DA
- 2026: Maracujá-doce BRS DM
- 2026: Maracujá-azedo BRS GE
- 2026: Maracujá-azedo BRS AF
- 2026: Maracujá-azedo BRS PF
- 2026: Maracujá-azedo BRS MMS

Como aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado?

O aumento da eficiência do programa requer realização de trabalhos constantes de prospecção de demandas reais do setor produtivo (Faleiro et al., 2019) e intensificação das ações de pós-melhoramento (validação das cultivares em diferentes sistemas de produção e regiões brasileiras, agilidade nos processos de registro, proteção e licenciamento de empresas para a

produção de sementes e mudas, ações de comunicação e transferência de tecnologia) (Zacharias et al., 2020).

Importância da continuidade do programa

O PMG dos maracujás deve ter continuidade porque tem um histórico positivo de lançamento de cultivares competitivas no mercado com altas taxas de adoção. Nos próximos anos, estão previstos os lançamentos de 15 novas cultivares (porta-enxertos, maracujazeiros silvestres, maracujazeiros azedos e doces). Essa grande entrega vai ser possível porque muitos ativos, incluindo as cultivares, já estão em níveis altos da escala de maturidade tecnológica (TRL) devido ao investimento de recursos públicos realizado nas fases anteriores do programa. Interromper o programa de melhoramento, na atual fase, pode significar um grande desperdício de recursos públicos. As cultivares e outros ativos tecnológicos vão ajudar a resolver importantes problemas e desafios de inovação de diferentes portfólios e vão promover importantes impactos econômicos e sociais em todos os estados, biomas e regiões do Brasil.

Referências

EMBRAPA. **Cultivares de maracujá da Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivar/maracuja>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. **Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares**: resultados de pesquisa 2005-2008. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 207). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571866/1/bolpd207.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, E. J. de; MACHADO, C. de F.; PEIXOTO, J. R.; COSTA, A. M.; GUIMARÃES, T. G.; JUNQUEIRA, K. P. **Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares - fase II**: resultados de pesquisa 2008-2012. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014. (Embrapa Cerrados. Documentos, 324). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1019176/1/doc324.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N. de; JUNGHANS, T. G.; MACHADO, C. de F.; GRATTAPAGLIA, D.; JUNQUEIRA, K. P.; PEREIRA, J. E. S.; RONCATTO, G.; HADDAD, F.; GUIMARÃES, T. G.; BRAGA, M. F.; VAZ, A. P. A. **Caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro (*Passiflora spp.*) assistidos por marcadores**

moleculares: fase IV: resultados 2017-2021. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Documentos, 376). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/230729/1/Doc-376-Fabio-Faleiro.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JESUS, O. N. de; MACHADO, C. de F.; FERREIRA, M. E.; JUNQUEIRA, K. P.; SCARANARI, C.; WRUCK, D. S. M.; HADDAD, F.; GUIMARÃES, T. G.; BRAGA, M. F. **Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares:** fase III: resultados de pesquisa e desenvolvimento 2012-2016. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. (Embrapa Cerrados. Documentos, 341). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178286/1/Doc-341-Fabio-Faleiro-final.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; ROCHA, F. E. de C.; GONTIJO, G. M.; ROCHA, L. C. da T. (Ed.) **Maracujá:** prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e políticas públicas baseadas na adoção e no impacto de tecnologias. Brasília, DF: Emater/DF, 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197156/1/ExpedicaoSafras-Volume-2-versao-final.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

ZACHARIAS, A. O.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pós-melhoramento de Passifloras no Brasil:** a experiência da Embrapa em inovação tecnológica. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Documentos, 359). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217921/1/Doc-359-FABIO-FALEIRO-PRONTO.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.



Foto: Maria Goreti Braga dos Santos

CAPÍTULO 3 – Validação de Clones de Eucalipto com Potencial de Maior Densidade da Madeira na Embrapa Cerrados

Karina Pulrolnik
Sebastião Pires de Moraes Neto

Introdução e histórico

A introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil se deu no ano de 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro com o *Eucalyptus robusta*, no entanto Navarro de Andrade foi o principal responsável pelas primeiras introduções em escala do eucalipto no Brasil, entre os anos de 1905 e 1915 no estado de São Paulo (Moura et al., 1980).

Os trabalhos da Embrapa Cerrados com eucalipto iniciaram-se no ano de 1977, quando a pesquisa florestal do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF)/Programa de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF) foi transferida para o âmbito da Embrapa. A rede experimental instalada pelo IBDF nos anos de 1974 a 1978 foi transferida para a Embrapa Cerrados, com aproximadamente 45 espécies e 400 procedências geográficas de *Eucalyptus* (materiais provenientes da Austrália e da Indonésia) distribuídas pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal (Moura et al., 1980). Os mesmos autores constataram que algumas procedências de *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, *E. propinqua*, *E. pilularis* e *E. cloeziana* tiveram melhor desempenho e produtividades acima da média dos plantios brasileiros naquela época na região de Cerrado.

No entanto, nos anos 1970, foi notado que os nossos eucaliptos estavam muito hibridados, com genomas mesclados ou contaminados, e houve a necessidade de se fazer uma reintrodução de espécies e procedências. Desse modo, um programa de busca de material genético surgiu, envolvendo o governo por meio do Prodepef e da Embrapa, com ampla participação de empresas e dos institutos de pesquisas florestais das universidades (Foelkel, 2015). Essas reintroduções acarretaram o crescimento de nossa base genética e a seleção desse material, permitindo a clonagem do eucalipto (Foelkel, 2015). Durante as introduções de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, as árvores passaram a ser atacadas e dizimadas pelo cancro do eucalipto e a partir da busca por espécies resistentes a essa doença, desenvolveu-se a técnica da clonagem dos indivíduos que mostraram alta produtividade e resistência à doença. Grande impulsionadora do ritmo de crescimento florestal e da qualificação homogênea das florestas plantadas, a clonagem deslanchou nos anos 1990 e hoje, é a prática dominante no país (Foelkel, 2015).

Hoje, no Brasil, há cerca de 6,97 milhões de hectares plantados de eucalipto (Indústria Brasileira de Árvores, 2020) e os principais produtos industriais da madeira de eucalipto são celulose, papel, painéis laminados, pisos laminados, carvão vegetal e produtos sólidos de madeira (madeira para serraria). O setor brasileiro de árvores plantadas cresceu e hoje compreende cerca de 50 empresas e 10 entidades estaduais florestais que investem em pesquisa desenvolvendo produtos alinhados a bioeconomia (Indústria

Brasileira de Árvores, 2020). Atualmente as espécies mais utilizadas de eucalipto no Brasil são: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis* e os híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus urograndis*) (Embrapa Florestas, 2019).

Entre os anos de 2002 e 2008 o Brasil contribuiu com dados do mapeamento genético e físico desenvolvidos pelo projeto Genolyptus (Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus) (Myburg et al., 2014), que aceleraram a montagem final do genoma. O estudo analisou o genoma de 640 milhões de pares de bases do eucalipto. A árvore de eucalipto, cujo genoma passou a representar o chamado “genoma de referência”, é da espécie *Eucalyptus grandis*, o eucalipto tropical mais plantado no Brasil. Esta árvore, batizada Brasuz 1, foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da empresa Suzano, e selecionada pelos membros do projeto Genolyptus por possuir propriedades genéticas únicas que facilitaram o trabalho de bioinformática na montagem e interpretação do genoma. O genoma do eucalipto representa um verdadeiro manual de instruções para todos os projetos que visam compreender a base genética do seu rápido crescimento e sua capacidade de adaptação aos mais variados ambientes. O Genolyptus foi executado por sete universidades, a Embrapa e 14 empresas florestais, e gerou e integrou ferramentas moleculares no melhoramento do eucalipto no Brasil (Embrapa, 2014).

Para a validação de clones na região de Cerrado, no ano de 2012 foi instalado na Embrapa Cerrados um experimento com o objetivo de testar 33 clones (com 14 repetições) provenientes da Lwarcell quanto ao crescimento, sobrevivência e adaptação e cinco clones de eucalipto comerciais já adaptados à região de Cerrado, testemunhas do experimento. Os 33 clones avaliados são cruzamentos de até três espécies de eucalipto com destinação principalmente para madeira de serraria.

Em novembro de 2016, foi implantada outra área experimental na Embrapa Cerrados com o objetivo de testar 53 novos clones de eucalipto provenientes da Celulose Nipo-Brasileira SA – Cenibra também gerados pela Rede Genolyptus e dois clones comerciais como testemunhas com até sete repetições cada clone.

Experimento 1

No experimento de avaliação de clones de eucalipto provenientes da empresa Lwarcel implantado em dezembro de 2012, estão sendo testados 33 novos clones e 5 clones comerciais com 14 repetições (Figura 3.1, Tabela 3.1).

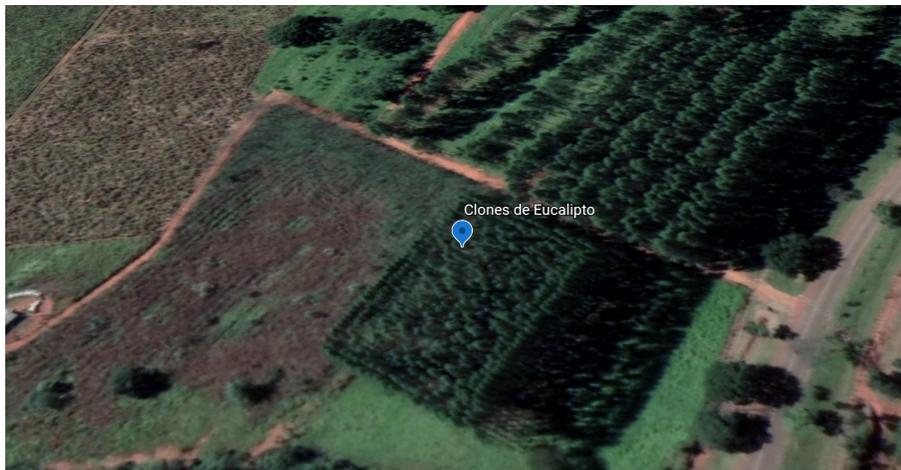


Figura 3.1. Área experimental de clones de eucalipto implantados no ano de 2012 da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Fonte: Google Earth, 2019.

Tabela 3.1. Identificação dos clones de eucalipto utilizados no e x perimento implantado em 2012 na área e x perimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. Os clones comerciais testemunhas são: GG100, Urocam, I144, AEC244 e AEC1528.

Clone	Família ⁽¹⁾	Clone	Família ou clone
1	GD x U2	20	GD x C1
2	GD x C1	21	GD x C1
3	GD x U2	22	GD x U2
4	GD x UGL	23	GD x C1
5	GD x C1	24	GD x C1
6	GD x U2	25	GD x U2
7	GD x C1	26	GD x U2

Continua...

Tabela 3.1. Continuação.

Clone	Família ⁽¹⁾	Clone	Família ou clone
8	GD x U2	27	GD x U2
9	GD x U2	28	GD x U2
10	GD x U2	29	GD x C1
11	GD x UGL	30	GD x C1
12	GD x C1	31	GD x C1
13	GD x C1	32	GD x C1
14	GD x U2	33	GD x C1
15	GD x C1	34	GG100
16	GD x U2	35	Urocam
17	GD x C1	36	i144
18	GD x C1	37	244
19	GD x U2	38	AEC1528

⁽¹⁾ GD: *E. grandis*; GL: *E. globulus*; U: *E. urophylla*; C: *Corymbia citriodora*; CAM: *E. camaldulensis*.

Experimento 2

Em novembro de 2016, foi implantada outra área para teste de clones de eucalipto no campo experimental da Embrapa Cerrados. Estão sendo testados 53 novos clones de eucalipto provenientes da Celulose Nipo-Brasileira SA – Cenibra e dois clones comerciais (AEC 1528 e I144) como testemunhas com sete repetições cada clone (Figura 3.2).

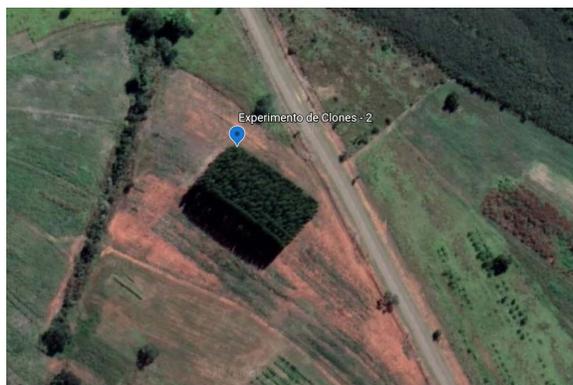


Figura 3.2. Área experimental de clones de eucalipto implantados no ano de 2016 na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. Fonte: Google Earth, 2019.

Resultados preliminares

Experimento 1

Os clones 6, 17 e 28 apresentaram uma melhor adaptação, forma de fuste e crescimento juntamente com os clones testemunhas (clones 34, 35, 36, 37 e 38). O restante dos clones não foi selecionado por apresentarem uma ou todas características a seguir: grande tortuosidade no fuste, alta mortalidade, bifurcação e deformidades do fuste, galhos grossos e baixo crescimento. O crescimento dos clones testemunhas foi maior do que crescimento dos três clones escolhidos (Figura 3.3), no entanto esse menor crescimento já era previsto, pois espera-se que os clones testados tenham maior densidade de madeira e essa característica pode acarretar em um crescimento mais lento das árvores.

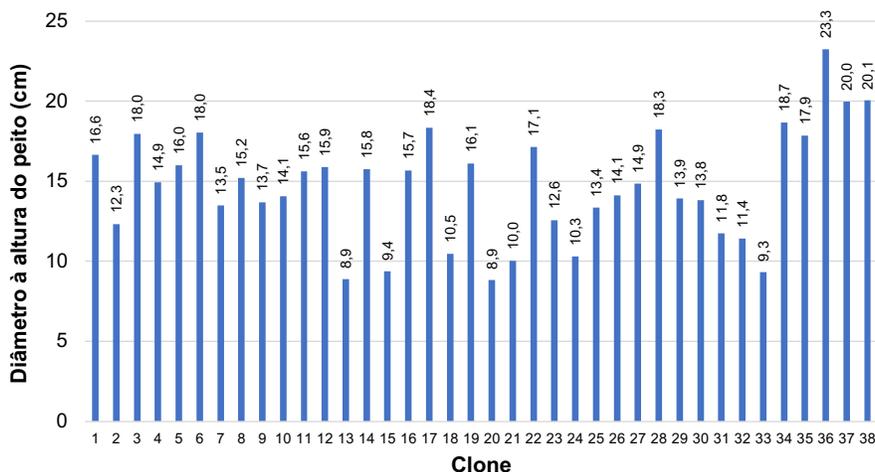


Figura 3.3. Média do crescimento em DAP (cm) dos 38 clones de eucalipto (14 repetições) avaliados no experimento de teste clonal localizado na Embrapa Cerrados aos 7 anos de idade (agosto de 2020).

Experimento 2

No experimento com 4 anos de idade, implantado no final de 2016, os clones 1, 8, 9, 11, 12, 13, 20, 30, 41, 42, 46, 48, 52 e as testemunhas 54 e 55 apresentaram maior crescimento (Figura 3.4), melhor formato de fuste, menor mortalidade e melhor adaptação ao Cerrado. Os demais clones não se adaptaram à região e apresentaram algumas ou todas as características a seguir: tortuosidade, alta mortalidade, muitos galhos grossos, bifurcação e baixo desenvolvimento.

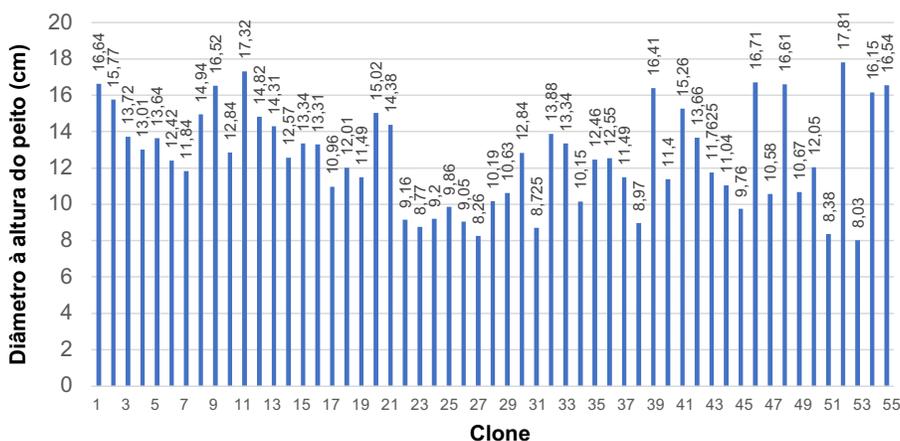


Figura 3.4. Média do crescimento em DAP (Diâmetro com casca à Altura do Peito medido à altura de 1,30 m sobre o nível do solo) dos 55 clones de eucalipto (sete repetições) avaliados e x perimento de teste clonal localizado na Embrapa Cerrados avaliado aos 4 anos de idade (agosto de 2020).

Importância e continuidade

A maior parte dos clones de eucalipto utilizados no país foi desenvolvida para utilização na fabricação de celulose, os quais tem uma densidade da madeira menor. Há uma procura no mercado por clones cuja a madeira possua maiores densidades, mais apropriados para a produção de energia (madeiras mais densas apresentam maior poder calorífico por unidade volumétrica) e para a indústria de madeira serrada. A identificação de clones com melhor crescimento, menor mortalidade, melhor adaptação, maior densidade da madeira e forma do fuste é de grande importância, principalmente para o uso em sistemas integrados como a integração lavoura-pecuária-floresta.

A próxima etapa deste trabalho será avaliar as densidades da madeira dos melhores clones selecionados. A obtenção dos resultados previstos nestes e x perimentos nos permitirá diversificar as opções de clones de eucalipto para o produtor com objetivo de produzir madeira para serraria.

Referências

- EMBRAPA. **Genoma do eucalipto**: primeiro sequenciamento vegetal completo liderado pelo Brasil. 2014. Disponível em: <https://shre.ink/gzRn>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- EMBRAPA FLORESTAS. **Transferência de tecnologia florestal**: eucalipto. 2019. Disponível em: <https://shre.ink/gzR1>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola**, n. 4, p. 66-69, 2005. Disponível em: <https://shre.ink/gzRm>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- Google Earth website. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/embrapa+cerrados/@-15.6076712,-47.70518585,988.60771058a,747.06399827d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCSkrky4WEDVAESkrky4WEDXAGYYN5Rkp5j9AIS5tp_jaxFHAQgIIAToDCgEwSg0l_____ARAA. Acesso em: 8 out. 2019.
- Google Earth website. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/embrapa+cerrados/@-15.58879862,-47.73256819,996.16876609a,591.31808647d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCSkrky4WEDVAESkrky4WEDXAGYYN5Rkp5j9AIS5tp_jaxFHAQgIIAToDCgEwSg0l_____ARAA. Acesso em: 8 out. 2019.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁVORES. **2020**: relatório anual. São Paulo: IBÁ, 2020. Disponível em: <https://shre.ink/gzEY>. Acesso: 3 jun. 2021.
- MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENKINS, J.; LINDQUIST, E.; BAUER, D.; GOODSTEIN, D. M.; DUBCHAK, I.; POLIAKOV, A.; MIZRACHI, E.; KULLAN, A. R. K.; HUSSEY, S. G.; PINARD, D.; MERWE, K. van der; SINGH, P.; JAARSVELD, I. van; SILVA JUNIOR, O. B.; TOGAWA, R. C.; PAPPAS, M. R.; FARIA, D. A.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; YANG, X.; RANJAN, P.; TSCHAPLINSKI, T. J.; YE, C.-Y.; LI, T.; STERCK, L.; VANNESTE, K.; MURAT, F.; SOLER, M.; SAN CLEMENTE, H.; SAIDI, N.; CASSANWANG, H.; DUNAND, C.; HEFER, C. A.; BORNBERG-BAUER, E.; KERSTING, A. R.; VINING, K.; AMARASINGHE, V.; RANIK, M.; NAITHANI, S.; ELSER, J.; BOYD, A. E.; LISTON, A.; SPATAFORA, J. W.; DHARMWARDHANA, P.; RAJA, R.; SULLIVAN, C.; ROMANEL, E.; ALVES-FERREIRA, M.; KULHEIM, C.; FOLEY, W.; CAROCHA, V.; PAIVA, J.; KUDRNA, D.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; PASQUALI, G.; BYRNE, M.; RIGALT, P.; SPOKEVICIUS, A.; JONES, R. C.; STEANE, D. A.; VAILLANCOURT, R. E.; POTTS, B. M.; JOUBERT, F.; BARRY, K.; PAPPAS JUNIOR, G. J.; STRAUSS, S. H.; JAISWAL, P.; GRIMA-PETTENATI, J.; SALSE, J.; PEER, Y. van de; ROKHSAR, D. S.; SCHMUTZ, J. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature** (London), v. 510, p. 356-362, 2014.
- MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. C.; GUIMARAES, D. P.; MELO, J. T. de; COMASTRI, S. A. **Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus em Minas Gerais e Espírito Santo**: resultados parciais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1980. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 1).



Foto: Bastos, Fabiano

CAPÍTULO 4 – Seleção de Zebuínos com Aptidão Leiteira por meio de Biotécnicas Reprodutivas em Sistema Agroambiental Sustentável

Carlos Frederico Martins

Introdução e histórico

Por apresentar um clima tropical, com luminosidade o ano todo e estação chuvosa definida, o Brasil tem uma enorme aptidão para a produção de leite por meio de manejo de pastagens e a utilização de animais zebuínos adaptados para essas condições. A atividade, praticada de forma

sustentável na região tropical, tem seu ponto forte no uso da pastagem como fonte principal da alimentação dos animais zebuínos, o que possibilita diminuir custos de produção, já que haverá o uso racional de insumos.

A segunda vertente para a produção sustentável de leite a pasto são os animais zebuínos adaptados às condições ambientais do Cerrado brasileiro, de suma importância para a viabilidade econômica dos sistemas de produção. Nesse sentido, selecionar fêmeas com potencial para serem melhoradoras promove o progresso genético da raça e contribui para o estabelecimento da base genética de rebanhos zebuínos com aptidão leiteira, além de melhorar o resultado de seus cruzamentos comerciais.

Neste contexto, a biotecnologia da reprodução, especialmente as técnicas de inseminação artificial (IA) e de produção in vitro de embriões (PIV), apresenta-se como a etapa inicial e de fundamental importância para a multiplicação e o melhoramento de animais voltados à produção de leite.

O Centro de Tecnologias em Raças Zebuínas Leiteiras (CTZL), fazenda experimental da Embrapa Cerrados com 270 ha de área, localizada na Fazenda Tamanduá, no Recanto das Emas, DF, a 50 km da Esplanada dos Ministérios tem como objetivo maior a produção de genética zebuína leiteira adaptada aos trópicos de forma agro sustentável, pois realiza e preconiza o uso de integração lavoura-pecuária-floresta em seu sistema de produção, validando os diferentes materiais forrageiros desenvolvidos pela Embrapa.

OCTZL interage com o setor produtivo por meio da Associação de Zebu do Planalto (ACZP) e a Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), realizando uma prova zootécnica de produção de leite a pasto anualmente. A prova mede todos os parâmetros de importância econômica em animais de criadores que enviam seus animais para o Centro. Essa pesquisa serve para a identificação de animais geneticamente superiores para a produção de leite em sistemas tropicais, que posteriormente serão multiplicados para fortalecer o rebanho experimental do CTZL (Figura 4.1).

Com esse foco, visa promover a geração e a transferência de tecnologias referentes a raças zebuínas com aptidão leiteira para aumentar a eficiência de sistemas de produção sustentáveis de leite a pasto nas condições de Cerrado e em ambiente tropical (Figura 4.2).

O rebanho do CTZL que é composto das raças Gir Leiteiro, com a marca BRGY; Sindi Leiteiro, com a marca BRGF; e Guzerá Leiteiro, com a marca

BRGK, assim como os cruzamentos Girolando (Gir x Holandês), Girsey (Gir x Jersey), Girswiss (Gir x Pardo Suíço) e Sinjer (Sindi x Jersey) é utilizado para as pesquisas e também para fornecimento de genética adaptada para produção de leite a pasto aos produtores (Figura 4.3).



Fotos: Isabel Cristina Ferreira e Luiz C.Balbino

Figura 4.1. Centro de tecnologias para raças Zebuínas Leiteiras (CTZL) (Brasília, DF) com suas áreas de pastagens formadas com ILP e ILPF e rotacionadas para um melhor aproveitamento e desempenho dos animais em seleção genética.

Embrapa

SÉTIMA PROVA BRASILEIRA DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO DO ZEBU LEITEIRO NO CENTRO DE TECNOLOGIAS PARA RAÇAS ZEBUÍNAS LEITEIRAS - CTZL
NOVILHAS GIR, SINDI, GOZERA E CRUZAMENTOS

- ▶ Avaliação dos animais pelo índice fenotípico que pondera as principais características econômicas de produção de leite
- ▶ Lactação oficial pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu-ABCZ
- ▶ Genotipagem das fêmeas para Betacaseína A2
- ▶ Predição genômica para produção de leite até 305 dias e idade ao 1º parto pela Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro - ABCGIL
- ▶ Possibilidade de leilão virtual de embriões das fêmeas que se destacarem na avaliação

▶ Inseminações: 01/03/21 a 04/04/2021
▶ Data entrada dos animais no CTZL: 04 a 08/10/2021
▶ Partos: 20/12/2021 a 08/02/2022
▶ Investimento: R\$ 2.800,00 (divididos em 5 vezes)

Inscrições a partir do dia 01/06/2021
Associação de Criadores de Zebu do Piamalto-ACZP, com Marcelo Ricardo Toledo, marcelo@geneticazebulina.com.br
Informações: carlos.martins@embrapa.br

Apoio **Parceiros** **Organização**

Foto: Carlos Frederico Martins

Figura 4.2. Folder da Prova Brasileira de Produção de Leite a Pasto realizada no Centro de tecnologias para raças Zebuínas Leiteiras (CTZL).

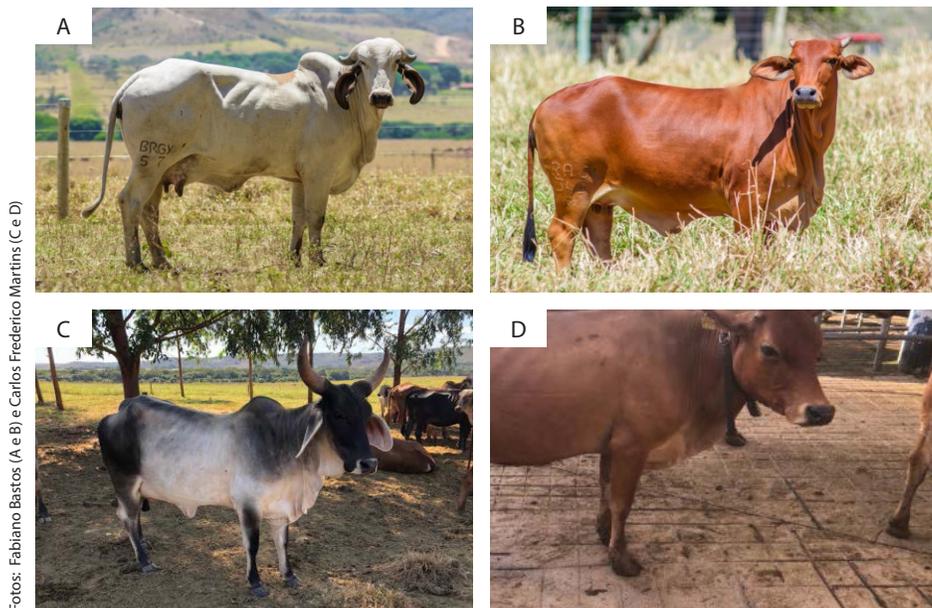


Figura 4.3. Principais raças zebuínas leiteiras selecionadas no Centro de Tecnologias para raças Zebuínas Leiteiras. Gir (BRGY) (A); Sindi (BRGF) (B); Guzerá (BRGK) (C); Sinjer (D).

O CTZL conta com um laboratório avançado de reprodução animal que vem produzindo embriões das raças Gir, Sindi, Guzerá e seus mestiços por meio de ferramentas reprodutivas, além de desenvolver pesquisas na fronteira do conhecimento nas áreas de fecundação *in vitro* e clonagem por transferência nuclear em animais leiteiros. Além disso, o CTZL vem desenvolvendo pesquisas que avaliam o impacto do componente florestal (sombra) sobre o conforto animal e seu reflexo na produção de leite e reprodução das fêmeas bovinas sob esse sistema. O Centro também desenvolve pesquisas buscando estratégias para a recuperação de matas de galeria, utilizando o componente animal para o controle da braquiária para evitar queimadas na época de seca intensa.

Objetivos

Selecionar animais superiores puros e cruzados por meio de biotécnicas reprodutivas; atuar como núcleo disperso por meio da absorção de animais superiores de parceiros com relevância no melhoramento das

raças selecionadas; disseminar genética de qualidade aos produtores por meio de ações conjuntas com os governos estaduais, associações de criadores e cooperativas.

Estratégias de melhoramento

O programa de seleção de bovinos zebuínos leiteiros se baseia na identificação de fêmeas superiores na produção de leite a pasto em sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) e Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) e nos principais atributos econômicos (composição de leite, persistência de lactação e reprodução) e uso das biotécnicas reprodutivas para a multiplicação destes animais. O uso da inseminação artificial em tempo fixo e principalmente da fecundação *in vitro* são as ferramentas mais utilizadas para a seleção de animais superiores, bem como promover a diminuição do intervalo de gerações para produzir e identificar animais superiores. Esta abordagem é realizada para todas as raças e na composição dos animais mestiços (Figura 4.4).

Figura 4.4. Estratégia de multiplicação para seleção de bovinos zebuínos leiteiros superiores.



O ponto chave do programa de seleção dos zebuínos leiteiros e seus cruzamentos é a mensuração de lactações completas em sistema agroambiental sustentável (ILP e ILPF) e, conseqüentemente, a avaliação da reprodução, persistência de lactação das fêmeas, além de outros atributos de importância econômica, como teores de gordura e proteína e contagem de células somáticas no leite. O CTZL segue a premissa de avaliar a lactação das fêmeas durante 305 dias, pois, segundo Melo et al. (2000), para um cálculo mais fidedigno de herdabilidade das produções de lactações, são necessários no mínimo 150 dias de produção e de mensuração do leite.

Além disso, o fornecimento de forragens de qualidade formadas em sistema ILP garantem um melhor desempenho dos animais durante o ano e conseqüentemente contribui para a máxima expressão do potencial genético dos mesmos.

Os dados produtivos das fêmeas são certificados pelo controle leiteiro oficial da ABCZ e são contabilizados para a estimação genética das matrizes dentro do Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos para Leite (PMGZ Leite Max). Além disso, este programa de melhoramento genético auxilia nos acasalamentos estratégicos do CTZL para animais superiores nas raças PO (Figura 4.5).

Os produtos produzidos (embriões e animais) a partir da genética de excelência do CTZL devem ser democratizados por meio de programas municipais e estaduais de fomento à pecuária leiteira, bem como para atender às demandas dos produtores ligados às cooperativas e associações de criadores.

Nome	RG	Data nasc.	PTA leite	Conf. leite	Cat. Gen. Leite	PTA gord.	Conf. gord.	Cat. Gen. Gord.	PTA prot.	Conf. Prot.	Cat. Gen. Prot.	Nome pai	RG mãe
Diane da Cerrados	BRGY 3B	4/4/2014	740,27	35	●●●●●●	0,08	32	◆◆◆◆	0,03	39	●●●●●	Jaguair TE do Gavão	PHPO 493
Doroteia da Cerrados	BRGY 39	7/4/2014	739,44	35	●●●●●●	0,08	32	◆◆◆◆	0,03	39	●●●●●	Jaguair TE do Gavão	PHPO 493
Agatha da Agma	AGMA 64	27/11/2015	573,73	29	●●●●●	0,02	21	◆◆◆	-0,02	30	●●●●●	Casper TE Kubera	AGMA 27
Egregora	BRGY 74	15/8/2015	590,31	28	●●●●●	-0,01	18	◆◆	-0,01	26	●●	Facho TE Kubera	PHPO 500
Emily	BRGY 71	18/8/2015	590,36	28	●●●●●	-0,01	18	◆◆	-0,01	26	●●	Facho TE Kubera	PHPO 500
Fátima da Cerrado	BRGY 79	31/3/2016	596,69	34	●●●●●	0,13	32	◆◆◆◆	0,02	39	●●●●●	Tabu TE Cal	PHPO 516
Fidelma da Cerrados	BRGY 8D	4/4/2016	596,67	34	●●●●●	0,12	31	◆◆◆◆	0,01	38	●●●●●	Tabu TE Cal	PHPO 524
Fortuna da Cerrados	BRGY 77	21/3/2016	596,69	34	●●●●●	0,13	32	◆◆◆◆	0,02	39	●●●●●	Tabu TE Cal	PHPO 516

PTA leite = habilidade prevista de transmissão para leite
 Conf. leite = confiabilidade do PTA para leite
 Cat. gen. prot. = categoria genética para proteína
 PTA gord. = habilidade prevista de transmissão para gordura
 PTA prot. = habilidade prevista de transmissão para proteína

Figura 4.5. Animais do Centro de tecnologias para raças Zebuínas Leiteiras (CTZL), inseridos no Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos Leite Max da ABCZ.

Fonte: Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), 2022.

Referências

ABCZ. Associação Brasileira de Criadores de Zebu. Disponível em: <https://www.abcz.org.br/pmgz/consultar-avaliacoes-geneticas/leite/consultar-avaliacao-de-rebanhos>. Acesso em: fev. 2022.

MELO, C. M. R.; OLIVEIRA, A. I. G.; MARTINEZ, M. L.; VERNEQUE, R. S.; GONÇALVES, T. M.; FREITAS, R. T. F. Sires genetic evaluations using complete or partial projected lactation records: 1. genetic parameters estimates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.707-714, 2000.



Foto: Fátima Maria de Marchi

CAPÍTULO 5 – Programa de Melhoramento Genético de Cevada (*Hordeum Vulgare* L.)

*Renato Fernando Amabile
Aloisio Alcântara Vilarinho*

Introdução e histórico

O sistema de produção agrícola irrigado do Cerrado tem agregado inovações tecnológicas provenientes das necessidades crescentes de diversificação de cultivos, dentre elas a cevada. Diante disto, a Embrapa (Embrapa Cerrados e Embrapa Trigo) desenvolveu e registrou cultivares de melhor qualidade industrial e agrônômica, mais produtivas e adaptadas ao sistema irrigado (ciclo, resistência ao acamamento e teor de proteína dos grãos adequado) devido a demandas prementes do setor produtivo e industrial.

No Cerrado, a cevada ganhou espaço a partir dos resultados de pesquisas elaboradas pela Embrapa Cerrados e pela Embrapa Trigo. Até 1976, a cevada era plantada somente na Região Sul do Brasil. Nesse ano, frente à necessidade de diminuir as importações de grãos, foi lançado o Plano Nacional de Autossuficiência de Cevada e Malte, pelo governo brasileiro, e deu-se início aos ensaios nacionais, inserindo o cultivo na região do Cerrado (Embrapa, 1987).

Um dos primeiros relatos sobre o desempenho de variedades de cevada no Cerrado foi realizado por Andrade et al. (1977). Neste trabalho, os autores demonstraram que, mesmo com o plantio tardio e as condições de estresse climático, os ensaios conduzidos no Distrito Federal foram satisfatórios para a produção de malte, com rendimentos superiores aos alcançados com trigo, sob as mesmas condições.

A cevada foi introduzida neste ambiente como uma cultura de inverno, tendo como objetivos básicos suprir a demanda interna de malte e fornecer ao agricultor do Cerrado uma alternativa para diversificar e integrar o sistema de produção irrigado, assegurando, assim, uma produção total mais estável.

O melhoramento da cevada irrigada no Cerrado teve como marco referencial o lançamento da cultivar BRS 180 – a primeira cultivar de cevada cervejeira recomendada para o sistema de produção irrigado da região do Cerrado (Silva et al., 2000).

Objetivos

Caracterizar e utilizar o germoplasma da cevada em programas de melhoramento genético (PMG) de cevada malteira e para produção animal. O objetivo específico do PMG de cevada para malte é contribuir para o aumento da participação da produção nacional de cevada para o suprimento das indústrias de malte instaladas no País, com a conseqüente redução da necessidade de importação de grãos de cevada para essa finalidade. Já o objeto do PMG de cevada para alimentação animal é desenvolver genótipos de cereais de inverno para permitir o melhor aproveitamento das áreas de cultivo no outono e inverno no Brasil (regiões Sul, Centro-Sul e Centro) por meio da diversificação da matriz de produção de grãos nos sistemas de integração agropecuários: Integração Lavoura Pecuária (ILP), Integração Lavoura Floresta (ILF) e Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF).

Estratégias de melhoramento

Melhoramento convencional associado ao uso de ferramentas biotecnológicas, tais como a produção de duplo haploides (DH) e a seleção assistida por marcadores moleculares. O uso de DH ainda não é feito em todo o programa porque existem cruzamentos para os quais a técnica não é eficiente, retornando poucos ou até nenhum indivíduo DH viável.

Embora sejam utilizadas técnicas de biologia molecular nos programas de melhoramento de cevada, nenhuma cultivar lançada até o momento é transgênica. Pretende-se focar mais nessa tecnologia no PMG de cevada para a alimentação animal, uma vez que as indústrias de malte atualmente não têm interesse nesse tipo de material.

Para tolerância ao alumínio e tolerância à seca são utilizados organismos geneticamente modificados, por meio de parcerias internacionais, onde cultivares contendo os transgenes são cruzadas e retrocruzadas com materiais nacionais. Durante os retrocruzamentos, marcadores moleculares são utilizados para recuperar os descendentes contendo os transgenes.

Como estratégia para a redução dos problemas de germinação pré-colheita será incorporado o mutante PRT6 Tilling em linhagens elite de cevada.

O PMG de cevada para produção de malte é feito em parceria com as indústrias, de forma que os materiais lançados são utilizados por elas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento Genético.

Cultivar	Ano do lançamento
1. BR 1	1987
2. BR 2*	1989
3. Embrapa 43	1995
4. Embrapa 127	1996
5. Embrapa 128	1996
6. Embrapa 129	1996
7. BRS 180*	1999
8. BRS 195*	2001
9. BRS 224	2002

Continua...

Tabela 5.1. Continuação.

Cultivar	Ano do lançamento
10. BRS 225	2002
11. BRS Borema	2003
12. BRS Marciana	2005
13. BRS Lagoa	2005
14. BRS Mariana	2005
15. BRS Greta	2006
16. BRS Mirene	2007
17. BRS Suabia	2007
18. BRS Sampa*	2008
19. BRS Cauê*	2008
20. BRS Elis	2008
21. BRS Brau*	2009
22. BRS Manduri	2011
23. BRS Savanna	2012
24. BRS Korbel	2013
25. BRS Itanema*	2013
26. BRS Aliensa	2013
27. BRS Quaranta	2015
28. BRS Aurine	2016
29. BRS Kalibre	2017
30. BRS Deméter	2007
31. BRS Kolinda*	2018
32. BRS GPetra	2018
33. BRS Cryst	2019
34. BRS Farewell*	2022
35. BRS CVA118 (BRS Entressafras)	2022

*Cultivares principais.

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer a implementação de ações de pós-melhoramento em colaboração com a cadeia produtiva da cevada no Brasil.

Importância da continuidade do programa

A produção nacional de grãos e de malte de cevada não atendem às necessidades brasileiras impactando negativamente na balança comercial nacional. A contribuição do PMG de cevada virá no sentido de desenvolver meios para garantir maior competitividade e sustentabilidade dos sistemas produtivos agropecuários, nos diferentes biomas e regiões do Brasil. Com o lançamento de novas cultivares, cada vez mais produtivas e de maior qualidade de grãos para malteação, agregando também aspectos de tolerância a fatores bióticos e abióticos, espera-se aumentar a produção e o uso de grãos de cevada produzidos no Brasil na elaboração de malte, reduzindo assim a necessidade de importação desse produto, assim como do próprio grão de cevada para uso na malteação.

Como se trata de um programa de melhoramento que vem sendo executado desde 1976, com lançamentos constantes de novas cultivares, cada vez agregando mais características desejáveis, as contribuições já estão ocorrendo e continuarão a ocorrer tanto no curto, como em médio e longo prazos. Em médio e longo prazos, espera-se, com o lançamento de materiais mais adaptados às condições do cerrado do Brasil Central, contribuir com o aumento da produção de grãos de cevada de qualidade no Brasil, com a expansão do cultivo para essas áreas.

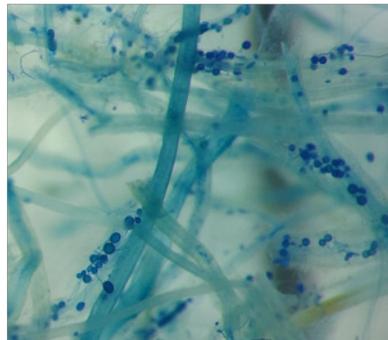
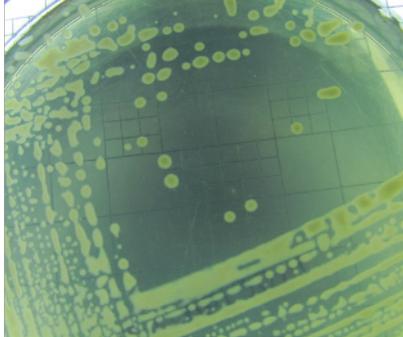
É de se destacar que diversos ativos, provenientes de fases anteriores de programa (linhagem e variedade), já estão em níveis altos da escala de maturidade tecnológica (TRL 5, 6, 7 e 8). A oferta contínua de cultivares adaptados é imperativa para a manutenção e/ou aumento da competitividade do agronegócio da cevada. Dessa forma, a sociedade será beneficiada com matéria prima de qualidade e quantidade suficiente disponível no mercado interno, suprimindo as necessidades de cevada para um melhor equilíbrio da balança comercial brasileira.

Referências

ANDRADE, J. M. V. de; SANTOS, H. P. dos; SILVA, A. R. da. Ensaio nacional de cevada no Distrito Federal em 1976. In: REUNIÃO ANUAL CONUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 9., Londrina, PR, 1977. **Anais....** Londrina: EMBRAPA/CNPQ, 1978. p. 134.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Cevada se instala nos cerrados**. Planaltina, DF, 1987. 2 p. (EMBRAPA-CPAC. Noticiário, 176/87).

SILVA, D. B. da; GUERRA, A. F.; MINELLA, E.; ARIAS, G. BRS 180: cevada cervejeira para cultivo irrigado no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1689-1694, 2000.



Fotos: Fábio Bueno dos Reis Júnior e Fabiano Bastos

CAPÍTULO 6 – A Pesquisa com Microrganismos do Solo na Embrapa Cerrados

*Fábio Bueno Dos Reis Junior
Iêda De Carvalho Mendes
Cícero Donizete Pereira
Cynthia Torres De Toledo Machado*

Introdução e histórico

O Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Cerrados foi criado em 1975, praticamente junto com a fundação desse centro de pesquisa. Os primeiros trabalhos visavam à busca por estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio para a soja, eficientes e adaptadas às condições edafoclimáticas do bioma Cerrado, para onde a cultura estava se expandindo. Naquele momento, os solos do Cerrado não possuíam população estabelecida de

rizóbios capazes de nodular, de modo eficaz, a soja. Além disso, existia um problema de incompatibilidade das estirpes dos inoculantes comercializados com a cultivar recomendada à época, a IAC-2.

Em 1977, iniciaram-se as pesquisas com associações micorrízicas, buscando alternativas de manejo da fertilidade do solo que promovessem maior eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados.

Principais tecnologias geradas

Cinco anos depois do início dos trabalhos, em 1980, o grupo da Embrapa Cerrados, juntamente com pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), selecionou as estirpes de *Bradyrhizobium elkanii* 29W (Semia 5019) e Semia 587 (Peres; Vidor, 1980; Vargas; Suhel, 1980) para a cultura da soja, que logo foram incluídas nos inoculantes comerciais. Esse trabalho viabilizou o cultivo da soja no Cerrado sem a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados e com produtividade semelhante a que era obtida na região Sul.

Em 1993, outras duas estirpes foram selecionadas e recomendadas para a formulação de inoculantes, a CPAC 15 (Semia 5079), pertencente a espécie *B. japonicum*, e a CPAC 7 (Semia 5080), hoje identificada como *B. diazoefficiens*. Essas duas estirpes se mostraram mais eficientes que aquelas selecionadas anteriormente (Peres et al., 1993). Ainda hoje, são essas as únicas estirpes recomendadas para o inoculante comercial de soja no Brasil. Na safra 2020/2021, foram comercializadas cerca de 100 milhões de doses de inoculantes contendo essas estirpes. Calcula-se que a substituição da fertilização nitrogenada pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) gere uma economia anual de US\$ 15 bilhões em nosso país (Hungria; Mendes, 2015).

Ao longo dos anos, com as pressões comerciais para a adição de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja, foram produzidos trabalhos para comprovar que essa prática não é necessária e acarretaria prejuízos aos agricultores (Mendes et al., 2008). Além disso, confirmou-se os benefícios da reinoculação anual nessa cultura, responsável por ganhos de produtividade da ordem de 7% (Hungria et al., 2007).

Ao mesmo tempo em que eram desenvolvidos os trabalhos de seleção de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio para a cultura da soja, outras leguminosas também foram contempladas. Estirpes dessas bacté-

rias capazes de formar uma simbiose eficiente com plantas de feijão, ervilha, lentilha, leucena, amendoim forrageiro, guandu, centrosema, indigófera, feijão de porco, crotalária, mucuna preta e kudzu foram selecionadas, registradas no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Brasil, 2011) e hoje podem ser encontradas nas coleções de rizóbios oficiais, que são responsáveis pela distribuição dessas bactérias para as companhias produtoras de inoculantes interessadas.

Nos últimos 20 anos, foram iniciados estudos que ajudaram a confirmar que não são apenas *Rhizobium* e bactérias de gêneros correlatos, pertencentes a classe das α -proteobacterias, que podem nodular leguminosas. Em parceria com pesquisadores de diferentes unidades da Embrapa, universidades brasileiras e instituições de pesquisa do Reino Unido, foi coordenado um projeto para o estudo da ocorrência e capacidade simbiótica de β -rizóbios associados com plantas nativas pertencentes ao gênero *Mimosa*, do qual o Cerrado é o maior centro de diversidade. Os resultados mostraram que a nodulação nessas plantas é decorrente, em sua grande maioria, da simbiose com bactérias do gênero *Paraburkholderia* e que a fixação biológica promovida por essa interação, provavelmente, é valiosa para a ciclagem do N em áreas com vegetação nativa no bioma Cerrado (Reis Junior et al., 2010). Além disso, como resultados desses estudos, foram descritas as novas espécies *Paraburkholderia diazotrophica* (Sheu et al., 2013), *P. youngii* (Mavima et al., 2021), *Rhizobium altiplani* (Baraúna et al., 2016) e o novo gênero *Trinickia* (Estrada de los Santos et al., 2018).

Outros estudos envolvendo ecologia de rizóbios, a avaliação de sistemas/manejos/práticas agrícolas onde está inserido o componente FBN, o estudo de novas formulações de inoculantes e tecnologias de inoculação foram ou estão sendo conduzidos.

Com relação às micorrizas, as linhas temáticas principais dos projetos de pesquisa envolvendo esse tema foram o manejo dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos nos sistemas de produção e processos de inoculação. Estudou-se o efeito do aumento da população nativa destes fungos na produção de grãos de importantes culturas e na busca da eficiência no uso de insumos, principalmente calcário e fertilizantes fosfatados de alta solubilidade e fosfatos naturais. A ação de fatores bióticos e abióticos sobre as populações de fungos micorrízicos também foi objeto de pesquisa. O efeito de práticas de manejo de solos e culturas, tais como pousio, rotações,

plantio direto e adubação verde na população dos fungos micorrízicos e na sua capacidade de colonização das raízes de espécies de interesse também foram pesquisados. Determinou-se a dependência micorrízica de diferentes culturas e plantas de cobertura nas condições de Cerrado, de modo a definir estratégias de manejo que promovessem a comunidade nativa, como combinações de plantas para as rotações. Os trabalhos sobre inoculação permitiram identificar e selecionar espécies eficientes de fungos e introduzir a tecnologia de inoculação com fungos micorrízicos na produção de mudas (Miranda, 2008).

Foram identificadas duas novas espécies, *Paraglomus brasilianum* (Spain; Miranda, 1996a) e *Scutellospora cerradensis* (Spain; Miranda, 1996b), encontradas na área experimental da Embrapa Cerrados em Latossolo Vermelho argiloso. Ambas apresentam eficiência intermediária no crescimento de diferentes plantas hospedeiras e em diferentes condições de acidez e fertilidade do solo.

Atualmente os estudos com micorrizas dão continuidade às pesquisas sobre a distribuição desses fungos em diferentes sistemas de produção e práticas agrícolas, visando identificar estratégias de manejo adaptadas a condições específicas de plantas, clima e solo, sobretudo em sistemas agroecológicos de produção, agroflorestais e de baixo uso de insumos externos. A atividade desses fungos é um importante atributo biológico para avaliar distúrbios/impactos ambientais e vem sendo usada em nossos trabalhos como bioindicadora no monitoramento de áreas de Cerrado degradadas e em processo de recuperação, como aquelas destinadas à mineração. Para isso, são determinados o potencial infectivo desses fungos no solo, o número de esporos, a diversidade de espécies e o teor de glomalina (glicoproteína depositada no solo pelos fungos micorrízicos). Além disso, é mantida uma coleção de trabalho com culturas puras de algumas espécies desses fungos em casa de vegetação, para dar suporte em pesquisas sobre o uso desses microrganismos na produção de inoculantes e na busca por soluções tecnológicas para viabilizar a sua aplicabilidade como insumo biológico.

Importância da continuidade das pesquisas

O investimento na pesquisa e difusão de tecnologias envolvendo microrganismos do solo, por meio de estudos multidisciplinares e integrados,

em áreas como microbiologia, ciência do solo, melhoramento de plantas, manejo de culturas, transferência de tecnologia, extensão rural, entre outros, pode gerar ainda mais benefícios para a agricultura brasileira, não apenas aumentando a produção de alimentos, mas reduzindo o uso de energia fóssil e a contaminação de recursos hídricos, proporcionada pela diminuição no uso de agroquímicos nas lavouras.

Referências

- BARAÚNA, A. C.; ROUWS, L. M. F.; SIMOES-ARAUJO, J. L.; REIS JUNIOR, F. B.; IANNETTA, P. P. M.; MALUK, M.; GOI, S. R.; REIS, V. M.; JAMES, E. K.; ZILLI, J. E. *Rhizobium altiplani* sp. nov. isolated from effective nodules on *Mimosa pudica* growing in untypically alkaline soil in Central Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 66, p. 1-7, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa SDA Nº 13, de 24 de março de 2011. **Diário Oficial União**, Seção 1, n. 58, 2011.
- ESTRADA-DE LOS SANTOS, P.; PALMER, M.; CHÁVEZ-RAMÍREZ, B.; BEUKES, C.; STEENKAMP, E. T.; BRISCOE, L.; KHAN, N.; MALUK, M.; LAFOS, M.; HUMM, E.; ARRABIT, M.; CROOK, M.; GROSS, E.; SIMON, M. F.; REIS JUNIOR, F. B. dos; WHITMAN, W.; SHAPIRO, N.; POOLE, P. S.; HIRSCH, A.; VENTER, S. N.; JAMES, E. K. Whole genome analyses suggests that *Burkholderia* sensu lato contains two additional novel genera (*Mycetohabitans* gen. nov., and *Trinickia* gen. nov.): implications for the evolution of diazotrophy and nodulation in the Burkholderiaceae. **Genes**, v. 9, n. 9, 389, 2018.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Documentos, 283).
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. p. 1005-1019.
- MAVIMA, L.; BEUKES, C. W.; PALMER, M.; DE MEYER, S. E.; JAMES, E. K.; MALUK, M.; GROSS, E.; REIS JUNIOR, F. B.; AVONTUUR, J. R.; CHAN, W. Y.; VENTER, S. N.; STEENKAMP, E. T. *Paraburkholderia youngii* sp. nov. and "*Paraburkholderia atlantica*" - Brazilian and Mexican Mimosa-associated rhizobia that were previously known as *Paraburkholderia tuberum* sv. mimosae. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 44, 126152, 2021.
- MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adução nitrogenada suplementar tardia em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1053-1060, 2008.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado**: micorriza arbuscular; ocorrência e manejo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

PERES, J. R. R.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio para a soja em solos de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 357-363, 1993.

PERES, J. R. R.; VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. **Agronomia Sulriograndense**, v. 16, p. 205-219, 1980.

REIS JÚNIOR, F. B. dos; SIMON, M. F.; GROSS, E.; BODDEY, R. M.; ELLIOTT, G. N.; ELIAS NETO, N.; LOUREIRO, M. de F.; QUEIROZ, L. P. de; SCOTTI, M. R.; CHEN, W.-M.; NORÉN, A.; RUBIO, M. C.; FARIA, S. M. de; BONTEMPS, C.; GOI, S. R.; YOUNG, J. P. W.; SPRENT, J. I.; JAMES, E. K. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil. **New Phytologist**, v. 186, p. 934-946, 2010.

SHEU, S.-Y.; CHOU, J.-H.; BONTEMPS, C.; ELLIOTT, G. N.; GROSS, E.; REIS JUNIOR, F. B.; MELKONIAN, R.; MOULIN, L.; JAMES, E. K.; SPRENT, J. I.; YOUNG, J. P. W.; CHEN, W.-M. *Burkholderia diazotrophica* sp. nov., isolated from root nodules of *Mimosa* spp. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 63, pt. 2, p. 435-441, 2013.

SPAIN, J. L.; MIRANDA, J. C. C. *Glomus brasilianum*: an ornamented species in the Glomaceae. **Mycotaxon**, v. 60, p. 137-142, 1996a.

SPAIN, J. L.; MIRANDA, J. C. C. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the Gigasporaceae (Glomales) from the cerrado region of Brazil. **Mycotaxon**, v. 40, p. 129-136, 1996b.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeitos de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, p. 343-347, 1980.



Foto: Renato Amabile

CAPÍTULO 7 – Programa de Melhoramento Genético de Girassol (*Helianthus annuus* L.)

*Renato Fernando Amabile
Claudio Guilherme Portela de Carvalho*

Introdução e histórico

O girassol é uma alternativa agrícola e econômica para a sucessão, rotação ou consórcio com outras culturas de grãos, devido às particularidades agrônômicas (resistência a fatores abióticos, adaptação, ciclo reprodutivo, época de semeadura), à diversidade de utilização (produção de óleo de alta qualidade, fabricação de farelo e torta para alimentação animal, grão para pássaro, biodiesel e silagem) e à crescente demanda do setor industrial e comercial. Neste contexto, a Embrapa começou o Programa de Melhora-

mento de Girassol, na década de 1980 e, desde 1990, no Cerrado, com os objetivos de selecionar linhagens e obter variedades e híbridos comerciais, adaptados às diversas condições edafoclimáticas das regiões produtoras, reduzir a dependência da introdução de genótipos de outros países e garantir retornos econômicos ao setor agrícola brasileiro. Estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos quanto aos rendimentos de grãos e de óleo, foram realizados por Amabile et al. (2020), Grunvald et al. (2008; 2013) e Porto et al. (2008), para adequar a inserção das novas cultivares no Cerrado e no Brasil.

Objetivos

Desenvolver cultivares de girassol com maior rendimento de aquênios e de óleo, mais adaptadas às diferentes regiões de cultivo no Brasil, de ciclo precoce a médio, de melhor qualidade de óleo e que proporcionem maior facilidade de manejo da cultura; promover o aumento de produtividade de grãos e de óleo, a melhoria na qualidade do óleo (óleo rico em ácido graxo oleico), com resistência a herbicidas da classe das imidazolinonas para facilitar o manejo da cultura, com redução do porte e com maior resistência à mancha-de-alternaria.

Estratégias de melhoramento

A metodologia utilizada é o melhoramento convencional. Na produção de híbridos comerciais de girassol, é usual a utilização da macho-esterilidade citoplasmática associada ao sistema genético de restauração de fertilidade (Miller; Fick, 1997). Neste processo, o progenitor feminino é uma linhagem CMSHA, apresentando citoplasma macho-estéril (S) e não possuindo gene restaurador de fertilidade Rf. Ela é macho-estéril e seu genótipo é S rfrf. O progenitor masculino do híbrido é uma linhagem RHA, apresentando gene restaurador de fertilidade. Ela é macho-fértil independente do citoplasma ser normal (N) e seu genótipo é S ou N RfRf. O híbrido resultante é macho-fértil, pois apesar de apresentar citoplasma macho-estéril (S), possui o gene Rf e seu genótipo é S Rfrf.

Linhagens com gene restaurador de fertilidade podem ser desenvolvidas por meio da autopolinização de híbridos comerciais e seleção de plantas macho-férteis da população segregante (S RfRf). Por outro lado,

linhagens com macho-esterilidade citoplasmática são desenvolvidas por meio do método de retrocruzamento, cujo parental não-recorrente é uma linhagem qualquer com macho-esterilidade citoplasmática e o parental recorrente é uma linhagem HA endogâmica (linhagem mantenedora) submetida à seleção por várias gerações e cujo genótipo é N rfrf (Miller; Fick, 1997). Linhagens HA podem ser obtidas, também, por meio de linhagens RHA (Carvalho; Toledo, 2008).

A avaliação e seleção de híbridos de girassol no Brasil vêm sendo feitas por meio da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa.

Para variedades abertas desenvolveram-se populações, por meio de seleção recorrente, obtendo-se famílias de meios-irmãos e linhagens, com posterior recombinação entre elas. Na Tabela 7.1, estão listadas cultivares lançadas pelo PMG.

Tabela 7.1. Cultivares lançadas.

Híbrido simples	Ano de lançamento
1. BRS 191	2000
2. BRS 321	2010
3. BRS 322	2010
4. BRS 387	2013
5. BRS 323	2013
6. BRS 390	2014
7. BRS 417	2017
8. BRS 422	2019
9. BRS 428 HO	2022
Variedade ⁽¹⁾	Ano de lançamento
10. Embrapa 122 (V-2000)	1999
11. BRS 324	2010
12. BRS 415	2016
13. BRS 424	2019

⁽¹⁾ Populações de polinização aberta.

Previsão de lançamento de novas cultivares

Além das cultivares tradicionais, serão registrados híbridos alto oleicos e com resistência a imidazilinas. O híbrido BRS 422 deverá ser ofertado para produção de sementes. Na oferta pública, poderão ser convidadas empresas, que já atuam na comercialização do girassol, para participarem do processo de oferta. Além desse híbrido, estão sendo avaliados, em ensaios finais, híbridos com melhor qualidade de óleo (girassol alto oleico) e com resistência a herbicidas da classe das imidazolinonas (IMI). Inclusive, está sendo desenvolvido a versão do BRS 422 alto oleico com resistência a IMI.

Aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado requer a intensificação de ações de pós-melhoramento junto com a cadeia produtiva do girassol.

Importância da continuidade do programa

A produção nacional de girassol não atende às demandas nacionais. O PMG contribuirá para a intensificação das pesquisas orientadas a saltos de produtividade, melhoria da qualidade e aumento do valor agregado do girassol, no Brasil e no Cerrado, com vistas à competitividade e sustentabilidade da agricultura, levando em consideração as características regionais brasileiras. Nesse contexto, o programa gerará resultados tecnológicos e científicos a curto, médio e longo prazo e as informações obtidas irão contribuir para a caracterização oléica e a seleção dos genótipos mais produtivos e adaptados. Favorecerá, ainda, a inserção da cultura no Brasil e, consequentemente, a autossuficiência de óleo de qualidade superior destinado principalmente às indústrias de alimentos e ao consumo humano, na forma de óleo refinado.

Referências

AMABILE, R. F.; MATOS, V. A. T.; DALCHIAVON, F. C.; BORBA FILHO, A. B.; ALVES, A. D.; FREITAS, R. J.; ANSELMO, J. L.; SILVA, A. G.; GODINHO, V. de P. C.; CARVALHO, C. G. P. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol de segunda safra de verão no Brasil, anos agrícolas 2016 e 2017**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 356).

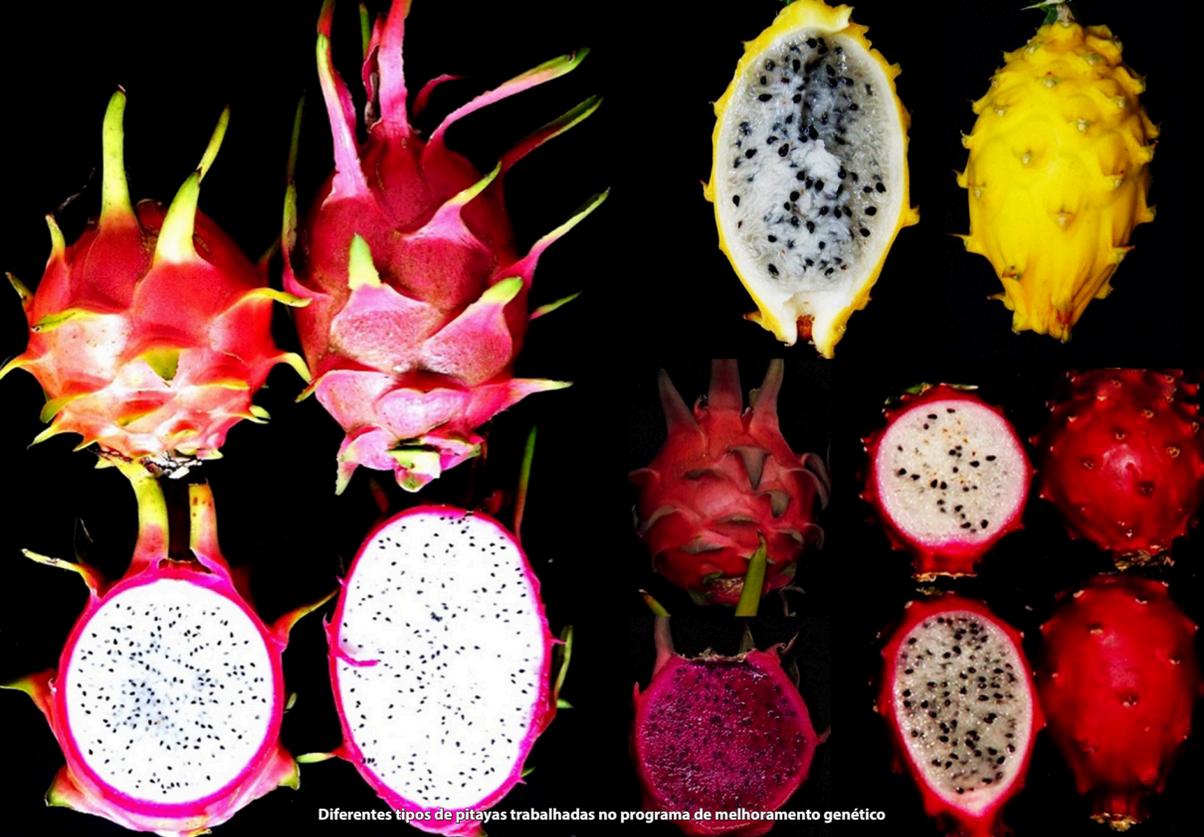
CARVALHO, C. G. P. de; TOLEDO, J. F. F. de. Extracting female inbred lines from commercial sunflower hybrids. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1159-1162, 2008.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P. de; LEITE, R. S.; MANDARINO, J. M. G.; ANDRADE, C. A. de B.; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. de P. C. Influence of temperature on the fatty acid composition of the oil from sunflower genotypes grown in tropical regions. **Jornal da American Oil Chemists Society**, v. 90, p. 545-553, 2013.

GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, A. C. B de; ANDRADE, C A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1483-1493, 2008.

MILLER, J. F.; FICK, G. N. The genetics of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA, 1997. p. 441-495.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P de; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F. de; OLIVEIRA, A. C. B. de. Evaluation of sunflower cultivar for Central Brazil. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 139-144, 2008.



Diferentes tipos de pitayas trabalhadas no programa de melhoramento genético

Fotos: Nilton Junqueira

CAPÍTULO 8 – Programa de Melhoramento Genético das Pitayas

*Fábio Gelape Faleiro
Nilton Tadeu Vilela Junqueira*

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético das pitayas realizado pela Embrapa e parceiros iniciou em 1996 com a implantação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Pitayas da Embrapa Cerrados. Ao longo de 25 anos de trabalho, importantes avanços foram obtidos na conservação, caracterização e uso de recursos genéticos, na domesticação e melhoramento genético das espécies com maior potencial comercial, nos ajustes

no sistema de produção e na agregação de valor com o desenvolvimento de produtos a partir das diferentes partes do fruto (Faleiro et al., 2021a).

As principais espécies trabalhadas na Embrapa Cerrados são: a *Selenicereus undatus* sin. *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (frutos com casca vermelha e polpa branca), *Selenicereus costaricensis* sin. *Hylocereus costaricensis* Britton e Rose (frutos com casca vermelha e polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran (frutos com casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* Rizz. (frutos com casca vermelha com espinhos e polpa branca) (Faleiro et al., 2021b).

Pelo fato da pitaya ser uma planta nativa do Brasil, para realizar as ações de pesquisa e desenvolvimento, foi necessário atender a legislação relacionada ao acesso aos recursos genéticos. Para atender à Lei nº 13.123, de 2015 e o Decreto nº 8.772, de 2016, foi feito o cadastro dos projetos e atividades com pitaya no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) com o número A369D54. Tais atividades permitiram a ampliação da base genética do Banco Ativo de Germoplasma, considerando as espécies de pitaya com maior potencial comercial (Junqueira et al., 2002; Melo et al., 2021).

De forma paralela ao enriquecimento do BAG, foram iniciados os trabalhos de caracterização, seleção e clonagem dos genótipos superiores de cada espécie comercialmente promissora (Junqueira et al., 2010; Lima, 2014). Estes genótipos foram também utilizados como genitores, abrindo perspectivas para trabalhos de melhoramento via hibridação intraespecífica e interespecífica, com geração de progênes segregantes, aumentando as possibilidades de combinações gênicas e seleção de genótipos superiores.

Os trabalhos de seleção clonal e obtenção de híbridos intraespecíficos e interespecíficos resultou na seleção de genótipos elite com grande potencial comercial. Estes genótipos elite foram clonados para iniciar os trabalhos de interação genótipo x ambiente, ou seja, os genótipos elite foram enviados para avaliação em todas as regiões do Brasil. Para realizar estas avaliações, a Embrapa Cerrados conta com uma rede de parcerias envolvendo a Emater-DF (Distrito Federal e Entorno), o Recanto das Pitayas (Santa Catarina), Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural, Grupo Tsuge, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Embrapa Semiá-

rido, Embrapa Roraima, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), Embrapa Agrobiologia, Universidades e produtores rurais.

Objetivos

Caracterizar e utilizar o germoplasma das pitayas em programas de melhoramento genético visando ao desenvolvimento de cultivares com alta produtividade, autocompatíveis (dispensam a polinização manual), resistência a pragas e doenças, tolerância a estresses abióticos, qualidade física (maior tamanho do fruto, sem amolecimento interno) e química (mais doces) de frutos de alto valor agregado. Trabalhar a genética e fitotecnia das diferentes espécies de pitayas com uso comercial para geração de emprego e renda em todas as regiões do Brasil.

Estratégias de melhoramento

Melhoramento genético convencional (seleção massal, seleção recorrente e obtenção de híbridos intraespecíficos e interespecíficos e seleção clonal) auxiliado por ferramentas biotecnológicas como os marcadores moleculares do DNA. O Programa de Melhoramento Genético (PMG) utiliza análises genômicas com base em marcadores moleculares do DNA (RAPD, SSR, SNPs, etc.) em diferentes etapas (caracterização de recursos genéticos, pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento) para aumentar a eficiência e diminuir o tempo necessário para o desenvolvimento das cultivares (Tabela 8.1).

Tabela 8.1. Cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento Genético.

Cultivar	Ano de lançamento
Pitaya vermelha de polpa branca – BRS Lua do Cerrado	2023
Pitaya vermelha de polpa branca – BRS Luz do Cerrado	2023
Pitaya vermelha com espinhos de polpa branca saborosa – BRS Minipitaya do Cerrado	2023
Pitaya vermelha de polpa vermelha – BRS Granada do Cerrado	2023
Pitaya amarela – BRS Âmbar do Cerrado	2023

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer a intensificação das ações de pós-melhoramento (validação das cultivares em diferentes sistemas de produção e regiões brasileiras, agilidade nos processos de registro, proteção e licenciamento de empresas para produção de material propagativo, ações de comunicação e transferência de tecnologia)

Importância da continuidade do programa

O PMG das pitayas deve ter continuidade porque, nos próximos anos, estão previstos os lançamentos das 5 primeiras cultivares de pitaya do Brasil. Essa grande entrega vai ser possível porque os ativos-cultivares, já estão em níveis altos da escala de maturidade tecnológica (TRL) devido ao investimento de recursos públicos realizado em vários projetos ao longo do desenvolvimento das cultivares a partir de 1996. Interromper o programa de melhoramento agora pode significar um grande desperdício de recursos públicos. As cultivares e outros ativos tecnológicos vão ajudar a resolver importantes problemas e desafios de inovação de diferentes portfólios e vão promover importantes impactos econômicos e sociais em todos os Estados, Biomas e Regiões do Brasil.

Referências

FALEIRO, F. G.; OLIVEIRA, J. S.; JUNQUEIRA, N. T. V. (Eds.) **Aplicação de descritores morfoagronômicos utilizados em ensaios de DHE de cultivares de pitaya: Manual prático**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2021a. 58p. Disponível em: <https://shre.ink/gFUH>. Acesso em: 27 fev. 2024.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pitayas: atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Embrapa Cerrados** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021b. 62 p. (Documentos, 374). Disponível em: <https://shre.ink/gFUc>. Acesso em: 27 fev. 2024.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados/ Documentos, 62). Disponível em: <https://shre.ink/gFU9> Acesso em: 27 fev. 2024.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FONSECA, K. G.; LIMA, C. A.; SANTOS, E. C. Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de

produção por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2010.

LIMA, C. A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Brasília, DF: Universidade de Brasília. (Tese de doutorado em Agronomia). 124f. il. 2013.

MELO, J. T.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G. **Bancos Ativos de Germoplasma de Pequi, Mangaba e Pitaya da Embrapa Cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 30 p. (Documentos, 387). Disponível em: <https://shre.ink/gFn6> Acesso em: 27 fev. 2024.



Foto: Fabiano Bastos

CAPÍTULO 9 – Programa de Melhoramento Genético de Bovinos da Raça Nelore da Embrapa Cerrados: Nelore BRGN

Cláudio Ulhoa Magnabosco

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético de bovinos da raça Nelore da Embrapa Cerrados (PMG) – Nelore BRGN foi iniciado em 2000 a partir de matrizes de mérito genético superior, oriundos dos criatórios da Guaporé Pecuária, de Júlio Bernardes (marca Nelore JR) e de Lais Lacerda, participantes do Programa Nelore Brasil, coordenado pela Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). As matrizes foram inseminadas com sêmen de touros Nelore PO consagrados e de touros jovens avaliados e aprovados pelo Programa de Reprodução Programada do Nelore Brasil (teste

de progênie da ANCP). As fêmeas nascidas desses acasalamentos foram incorporadas ao rebanho da Embrapa Cerrados, recebendo a marca BRGN. Atualmente, a marca Brasil Genética Nelore é reconhecida pelo diferencial dentro da raça Nelore, oferecendo ao mercado animais mochos com rusticidade necessária às condições do Bioma Cerrado, além de características econômicas que garantem mais produtividade e rentabilidade aos pecuaristas. O rebanho passa por avaliação de crescimento, reprodução, carcaça, padrão racial e características inovadoras como maciez da carne e eficiência alimentar. Os machos gerados de matrizes BRGN participam anualmente dos Testes de Desempenho de Touros Jovens e de Eficiência Alimentar, promovidos pelo Núcleo Regional Embrapa Cerrados (Santo Antônio de Goiás, GO) e a Associação Goiana de Criadores de Zebu.

Para incrementar o progresso genético do rebanho BRGN, foi iniciado, em 2015, a realização de genotipagem dos animais para obtenção dos valores moleculares preditos (VMP) e, mais recentemente, as diferenças esperadas na progênie (DEPs) genômicas. Ressalta-se que o lançamento dessa ferramenta tecnológica, foi uma estratégia conjunta da equipe de pesquisadores do Nelore BRGN e da ANCP.

Os melhores animais classificados nos Testes de Desempenho e Teste de Eficiência Alimentar de touros jovens são ofertados em leilões anuais, realizados em Goiás e Distrito Federal, no leilão de Touros Jovens Embrapa/AGCZ ou leilão Nelore BRGN. A cada ano são movimentados mais de R\$ 700 mil nos arremates anuais. O rebanho conta com cerca de 130 matrizes, das quais 12 são doadoras de embriões e podem produzir até mil filhos por ano. Estima-se que mais de 10 mil doses de sêmen dos touros BRGN já tenham sido comercializadas e utilizadas no Brasil e no restante da América do Sul, além dos touros utilizados como reprodutores em monta natural, culminando em uma produção de mais de 23 mil filhos. Alguns dos resultados da utilização de touros BRGN podem ser consultados em Magnabosco et al. (2013).

Em adição, os animais BRGN são peça chave das pesquisas realizadas pela Embrapa Cerrados essenciais para aumento da eficiência e rentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte na raça Nelore, como estudos de associação e predição genômica para maciez da carne (Castro et al., 2017; Lopes et al., 2020), eficiência alimentar (Brunes et al., 2020a; Brunes et al., 2020b) e fenótipo mocho (Rosa et al., 2020), além de estimação de

parâmetros genéticos para características de difícil mensuração, avaliação do componente animal em sistemas de integração lavoura-pecuária e eficiência reprodutiva e produtiva.

Objetivos

Incentivar e desenvolver estratégias para identificar material genético qualificado e promover a inserção e utilização de bovinos Nelore no Cerrado brasileiro. Usar a marca BRGN, para identificar e usar potenciais doadores de material genético qualificadamente produtivo e eficiente nas condições do Brasil Central, por meio de biotécnicas reprodutivas e ferramentas acuradas de coleta de informação fenotípica e métodos de avaliação e predição genômica. Ofertar ao mercado animais mochos provados com potencial genético e rusticidade para condições de criação no Bioma Cerrado, com garantia de eficiência de produção, ciclo curto de produção, aumento da produtividade e rentabilidade.

Estratégias de melhoramento

O PMG Nelore BRGN utilizou tecnologia de avaliação genética convencional via BLUP, usando o modelo animal, e, desde 2015 vem utilizando a avaliação genética genômica, lançando mão das DEPs genômicas, sendo que o rebanho atual está 70% genotipado, para os marcadores moleculares de caracteres de interesse, destacando entre eles a maciez da carne e aqueles relacionados à eficiência alimentar. As características econômicas básicas trabalhadas são fertilidade, habilidade materna, velocidade de crescimento pré e pós-desmame e qualidade de carcaça. As fêmeas são avaliadas quanto à eficiência produtiva, idade de primeiro parto, precocidade ao parto e peso na idade adulta. Nos machos, são avaliados o perímetro escrotal, o crescimento e a velocidade de ganho de peso. Desde 2012, vem sendo utilizado, de forma estratégica nos acasalamentos, touros aparentados com animais que produziram maior maciez, sendo esse caractere, incorporado como um dos critérios para a seleção do rebanho. Com os recentes avanços na eficiência alimentar, a incorporação do material genético ocorreu a partir de 2019, com esse caractere sendo incorporado como critério, para a seleção do rebanho Nelore BRGN. O melhoramento é orientado para manter a consanguinidade < 3%, tendo ainda como foco novas e avançadas tecno-

logias para a estimação de parâmetros genéticos, ferramentas genômicas para a identificação de genótipos superiores, biotecnologias reprodutivas com vistas a obter maiores taxas de progresso genético do rebanho. As biotécnicas reprodutivas são utilizadas para multiplicação de indivíduos que se destacam em alguma ou várias características, pela produção in vitro de embriões, com a inserção de material genético ocorrendo via inseminação artificial em tempo fixo (IATF) (Tabela 9.1).

Tabela 9.1. Animais identificados pelo programa de melhoramento genético contratados para compor centrais de inseminação.

Animal identificado	Ano
Fidalgo da Cerrados (BRGN 364) – Contratado pela CRV Lagoa	2007
Helix da Cerrados (BRGN 590) – Contratado pela CRV Lagoa	2009
Guardião da Cerrados (BRGN 442) – Contratado pela CRV Lagoa	2010
Lacre da Cerrados (BRGN 957) – Contratado pela CRV Lagoa	2012
Supremo da Cerrados (BRGN 1720) – Aprovado pela AG – Accelerated Genetics*	2019
BRGN 1866 – Aprovado pela AG – Accelerated Genetics	2021

*Parceria ainda não efetivada.

Previsão de lançamento de materiais promissores

Estão previstos, resultados anuais e até o ano de 2026, do tipo ativo pré-tecnológico, apoio à inovação e ativos tecnológicos do tipo animal com potencial genético identificado e processo agropecuário, conforme listagem a seguir:

Ativos pré-tecnológicos: conjunto de marcadores SNP desenvolvidos para genotipagem de indivíduos para os caracteres de maciez da carne e eficiência alimentar; e modelos de predição genômica.

Ativos tecnológicos: rebanho avançado proveniente da seleção genotípica, disponibilizado como produto tecnológico, para os processos de seleção e avaliação tradicionais; rebanho avançado proveniente da seleção genotípica e fenotípica, disponibilizada como produto tecnológico, para os processos de seleção e avaliação tradicionais; rebanho avançado com forte predominância de caracteres relacionados à maciez da carne e eficiência alimentar, disponibilizado como produto tecnológico para os processos

finals de avaliação de acordo com as normas do Mapa; touro BRGN com potencial para maciez da carne e/ou eficiência alimentar em central de inseminação para difusão do sêmen produzido; recomendação de manejo de animais com elevado potencial genético para o devido aproveitamento para maciez da carne e eficiência alimentar; recomendação técnica para o manejo básico e alimentar de animais com melhor potencial para maciez da carne e eficiência alimentar em sistemas integrados lavoura e pecuária.

Apoio à inovação: material de divulgação e treinamento de equipe técnica, criadores e usuários contendo as principais características dos animais com maior potencial para maciez da carne e eficiência alimentar; documento institucional com registro do plano de posicionamento do ativo tecnológico Reprodutores BRGN com potencial para maciez da carne e Reprodutores BRGN com potencial para eficiência alimentar; documento com resultados de estudo da avaliação de impacto e adoção da genética BRGN.

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar material genético mais competitivo no mercado, requer a atualização constante dos métodos de coleta de dados, predição dos parâmetros e valores genéticos, buscando aumento da eficiência e da acurácia de avaliação, além da redução dos custos de avaliação, mantendo o programa de seleção voltado a demandas reais dos sistemas de produção de bovinos de corte no bioma Cerrado. Além disso, é importante aplicar biotécnicas reprodutivas para a multiplicação e disseminação dos melhores animais e ampliar a utilização de informações genômicas na avaliação genética, o que irá resultar no aumento da sustentabilidade e competitividade da agropecuária.

Importância da continuidade do programa

O PMG do Nelore BRGN deve ter continuidade porque tem um histórico positivo e eficaz na potencialização da pecuária de corte, levando ao aumento da eficiência produtiva e da qualidade da carne, além do aumento da rentabilidade e competitividade no mercado em consonância com as maiores demandas da pecuária brasileira. O PMG Nelore BRGN por meio da sua equipe, a qual está inserido no meio científico e na sociedade, tem conseguido captar as necessidades do setor produtivo, promover os estudos e devolver as tecnologias quem vem impactando positivamente na pecuária de corte nacional. Nesse programa, a escala TRL é atendida em

toda a extensão, pelo fato da incorporação das características avaliadas serem progressivas, e temos a cada ano safras de animais aptos a serem comercializados e a contribuir com a difusão da melhoria de características de importância econômica e difícil mensuração, como a maciez da carne e a eficiência alimentar, bem como temos a incorporação de novo material genético para incrementar a seleção, e também, para continuarmos os estudos com vistas a refinar, melhorar e ajustar as ferramentas tecnológicas e genômicas. Interromper o programa de melhoramento, na fase atual, pode significar uma perda de um importante recurso genético da raça Nelore, que compõe 80% do rebanho de corte brasileiro. Assim, o programa de melhoramento Nelore BRGN é essencial para contribuir com o atendimento da demanda crescente da carne bovina, a qual é uma das principais atividades econômicas brasileira.

O PMG do Nelore BRGN da Embrapa Cerrados é de extrema relevância para a pecuária de corte nacional, devido à sua trajetória consolidada na promoção de ganhos expressivos em eficiência produtiva e qualidade da carne, além de contribuir significativamente para a elevação da rentabilidade e competitividade do setor no mercado global. Esse programa desempenha um papel crucial na inovação tecnológica ao captar e atender às demandas emergentes do setor produtivo, promovendo pesquisas de ponta e desenvolvendo soluções tecnológicas que impactam positivamente a cadeia produtiva da carne bovina no Brasil. O PMG Nelore BRGN é reconhecido pelo seu pioneirismo em pesquisas e no desenvolvimento de soluções tecnológicas para a pecuária brasileira, em parceria com outras instituições. Um exemplo é a pesquisa de marcadores moleculares aplicados à maciez da carne e à eficiência alimentar da raça Nelore, que tem contribuído para avanços substanciais no melhoramento de características de difícil mensuração e de elevado impacto econômico, como a qualidade da carne e a eficiência alimentar. A continuidade desse programa é essencial, pois atende de forma abrangente à escala TRL, permitindo a incorporação progressiva de características avaliadas e refinadas ao longo do tempo. Anualmente, novas safras de animais geneticamente superiores são geradas, ampliando a difusão de características de interesse econômico e assegurando a incorporação de novos materiais genéticos, fundamentais para a evolução contínua das ferramentas tecnológicas e genômicas utilizadas no melhoramento da raça.

Referências

- BRUNES, L. C.; BALDI, F.; LOPES, F. B.; LOBO, R. B.; ESPIGOLAN, R.; COSTA, M. F. O.; STAFUZZA, N. B.; MAGNABOSCO, C. U. Weighted single-step genome-wide association study and pathway analyses for feed efficiency traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 138, n. 1, p. 23-44, 2021a.
- BRUNES, L. C.; BALDI, F.; LOPES, F. B.; NARCISO, M. G.; LOBO, R. B.; ESPIGOLAN, R.; COSTA, M. F. O.; MAGNABOSCO, C. U. Genomic prediction ability for feed efficiency traits using different models and pseudo-phenotypes under several validation strategies in Nelore cattle. **Animal**, v. 15, n. 2, 100085, 2021b.
- CASTRO, L. M.; ROSA, G. J. M.; LOPES, F. B.; REGITANO, L. C. A.; ROSA, A. J. M.; MAGNABOSCO, C. U. Genome-wide association mapping and pathway analysis of meat tenderness in Polled Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 1945-1956, 2017.
- LOPES, F. B.; MAGNABOSCO, C. U.; PASSAFARO, T. L.; BRUNES, L. C.; COSTA, M. F. O.; EIFERT, E. C.; NARCISO, M. G.; ROSA, G. J. M.; LOBO, R. B.; BALDI, F. Improving genomic prediction accuracy for meat tenderness in Nelore cattle using artificial neural networks. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 137, n. 5, 468, 2020.
- MAGNABOSCO, C. U.; LOPES, F. B.; MAMEDE, M.; SAINZ, R. D. Utilização de touros geneticamente avaliados como ferramenta para melhorar a produtividade de sistemas de bovinos de corte. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 26, p. 284-291, 2013.
- ROSA, A. J. de M.; YOKOO, M. J. I.; ROSA, A. do N.; MAGNABOSCO, C. de U.; SILVA, M. V. G. B.; TULLIO, R. R.; REGITANO, L. C. de A. **Análise de associação genômica para o fenótipo mocho em bovinos da raça Nelore**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 369). Disponível em: <https://shre.ink/gFnL>. Acesso em: 27 fev. 2024.



Foto: Claudio Lucas Capeche

CAPÍTULO 10 – Desempenho Agronômico e Tecnológico de Genótipos de Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] no Distrito Federal, 2015/2016

*José de Ribamar Nazareno dos Anjos
Juaci Vitória Malaquias*

Introdução e histórico

Segundo Schaffert et al. (2011), na década de 1980 a Embrapa selecionou variedades de sorgo sacarino com potencial para a produção de etanol. Posteriormente seu programa de melhoramento de sorgo (PMS) foi descontinuado. No entanto, foi reiniciado em 2008 sob a coordenação da Embrapa Milho e Sorgo. Desde a safra 2013/2014, a Embrapa Cerrados vem colaboran-

do com o referido programa, sob cuja responsabilidade, até o momento foram avaliados 166 genótipos de sorgo sacarino encaminhados pela Embrapa Milho e Sorgo, quanto aos atributos agrônômicos e tecnológicos.

O rápido desenvolvimento socioeconômico global, aliado ao avanço demográfico, vem impulsionando a demanda por fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis (Ren et al., 2015), que, por razões diversas, incluindo a geopolítica do petróleo e a emissão de gases de efeito estufa (GEE), podem ter seu fornecimento reduzido, causando assim insegurança energética (Mehmood et al., 2017). Nesse contexto, o interesse em fontes de energia renováveis ganhou força nas últimas décadas (Vinutha et al., 2014). A biomassa, em particular, é uma importante fonte de energia renovável porque está prontamente disponível e pode reduzir a emissão de GEE (Fernandes et al., 2014).

O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] devido ao elevado teor de açúcares no colmo (semelhante à cana-de-açúcar), é amplamente reconhecido como cultura viável para a produção de bioetanol (Madhavi-latha et al., 2017). Essa cultura, dentre outras, tem as seguintes vantagens: ciclo curto (em torno de 120 dias); é totalmente mecanizável (plantio e colheita), tem colmos suculentos com elevado conteúdo de açúcares diretamente fermentescíveis (sacarose, glucose e frutose, principalmente) (Souza et al., 2013; Nghiem et al., 2016); produção de 60 t de colmo ha⁻¹ ou mais, dependendo do genótipo; utilização do bagaço para cogeração (May et al., 2012) e adaptabilidade a uma ampla gama de condições edafoclimáticas (Batista et al., 2017).

Objetivos

No tocante ao sorgo sacarino, a parceria Embrapa Cerrados/Embrapa Milho e Sorgo visa avaliar a adaptação geográfica e climática e o potencial de produção de biomassa, açúcares e etanol de híbridos experimentais e variedades de sorgo sacarino nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal. Contudo, a parceria contempla também a avaliação de genótipos de sorgo biomassa e a caracterização de curvas de maturação de sorgo sacarino.

Genótipos avaliados na Embrapa Cerrados: safra 2015/2016

Tendo em vista o grande número de genótipos avaliados no período de vigência das atividades executadas na Embrapa Cerrados, nos ativemos à apresentação dos resultados da safra 2015/2016, posto que já foram publicados (Anjos et al, 2020), e expressam, embora não sejam os únicos, o potencial dessa espécie para a produção de bioetanol (Tabela 10.1).

Tabela 10.1. Valores médios de 25 genótipos de sorgo sacarino para a produção de massa verde (PMV, t ha⁻¹), rendimento de colmo (Rcolmo, t ha⁻¹) e os caracteres tecnológicos teor de sólidos solúveis (SST, %caldo), sacarose aparente (POL, % caldo), açúcares redutores totais (ART, % caldo), açúcares totais recuperáveis (ATR, kg de açúcar t⁻¹ de colmo), etanol hidratado (EH, L t⁻¹ de colmo) e produção de etanol (ETH, L ha⁻¹) avaliados em Planaltina, DF, 2016.

Genótipo	PMV ⁽¹⁾ (t ha ⁻¹)	R ⁽²⁾ colmo	SST ⁽³⁾	POL ⁽⁴⁾ caldo (%)	ART ⁽⁵⁾ caldo (%)	ATR ⁽⁶⁾	EH ⁽⁷⁾	ETH ⁽⁸⁾
201543B001	58,5 b	51,3 b	15,3 b	10,6 b	12,5 b	96,9 b	57,3 b	2.948,8 b
201543B002	69,9 a	61,2 a	15,7 b	10,3 b	12,2 b	95,6 b	56,5 b	3.464,3 a
201543B003	55,5 b	47,9 b	15,0 b	10,23b	12,1 b	94,7 b	56,0 b	2.686,6 b
201543B004	62,9 a	54,9 a	16,2 a	10,6 b	12,5 b	97,7 b	57,7 b	3.165,5 b
201543B005	64,8 a	55,8 a	15,6 b	10,3 b	12,2 b	96,4 b	57,0 b	3.176,3 b
201543B006	63,0 a	55,6 a	16,3 a	11,1 b	13,0 b	101,2a	59,8 a	3.341,8 a
201543B007	75,1 a	64,9 a	16,5 a	12,0 a	13,8 a	107,2a	63,4 a	4.207,4 a
201543B008	66,3 a	58,4 a	15,2 b	10,6 b	12,4 b	95,7 b	56,6 b	3.308,0 a
201543B009	50,6 b	44,2 b	14,1 b	10,4 b	12,1 b	92,9 b	54,9 b	2.424,6 b
201543B010	56,3 b	48,6 b	16,0 a	11,6 a	13,4 a	103,4a	61,1 a	2.974,4 b
201543B011	69,5 a	60,6 a	16,1 a	11,3 b	13,2 b	100,8a	59,6 a	3.642,9 a
201543B012	66,9 a	59,4 a	18,0 a	13,3 a	15,1 a	112,9a	66,8 a	3.959,4 a
201543B013	57,4 b	49,8 b	13,6 b	7,8 c	9,1 c	78,1 c	46,1 c	2.306,6 b
201543B014	58,6 b	50,0 b	16,0 a	11,2 b	13,0 b	101,5a	60,0 a	3.007,1 b
201543B015	64,4 a	55,6 a	16,2 a	11,0 b	12,9 b	100,0a	59,1 a	3.286,7 a
201543B016	57,6 b	50,8 b	15,4 b	10,7 b	12,6 b	96,5 b	57,0 b	2.980,5 b
201543B017	56,1 b	50,1 b	15,1 b	10,1 b	12,0 b	92,7 b	54,8 b	2.730,8 b
201543B018	62,1 a	54,3 a	14,7 b	10,2 b	12,0 b	93,8 b	55,5 b	3.023,2 b

Continua...

Tabela 10.1. Continuação.

Genótipo	PMV ⁽¹⁾ (t ha ⁻¹)	R ⁽²⁾ colmo	SST ⁽³⁾	POL ⁽⁴⁾ caldo (%)	ART ⁽⁵⁾ caldo (%)	ATR ⁽⁶⁾	EH ⁽⁷⁾	ETH ⁽⁸⁾
201543B019	64,8 a	56,5 a	16,9 a	12,7 a	14,4 a	111,1a	65,7 a	3.725,6 a
201543B020	64,6 a	57,2 a	16,3 a	12,1 a	13,8 a	106,0a	63,0 a	3.599,0 a
BRS508	50,6 b	43,9 b	17,6 a	13,2 a	14,9 a	112,1a	66,3 a	2.912,3 b
BRS511	59,5 b	53,0 b	16,0 a	11,2 b	13,1 b	101,5a	60,0 a	3.178,7 b
CMSXS646	59,7 b	52,4 b	17,4 a	12,3 a	14,1 a	108,3a	64,0 a	3.353,2 a
CMSXS647	60,6 b	54,1 a	14,9 b	10,2 b	12,0 b	94,7 b	56,0 b	3.037,7 b
CV198	55,1 b	49,3 b	15,4 b	10,4 b	12,2 b	93,7 b	53,4 b	2.746,6 b
CV (%)	9,7	9,6	6,6	10,5	8,7	7,7	7,7%	14,1

⁽¹⁾ Produção de massa verde.

⁽²⁾ Rendimento de colmo.

⁽³⁾ Sólidos solúveis.

⁽⁴⁾ Sacarose aparente.

⁽⁵⁾ Açúcares redutores totais.

⁽⁶⁾ Açúcares totais recuperáveis.

⁽⁷⁾ Etanol hidratado.

⁽⁸⁾ Produção de etanol.

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Snott ($P < 0,05$).

Considerando a associação dos rendimentos de biomassa com as características tecnológicas sólidos solúveis totais, porcentagem aparente de sacarose no caldo, açúcares redutores totais, açúcares totais recuperáveis, EH e ETH, os seguintes genótipos, cujos rendimentos de etanol superaram 3,6 mil litros por hectare: 201543B007 (4.207,4), 201543B012 (3.959,4), 201543B019 (3.725,6) e 201543B011 (3.642,8) destacaram-se como fontes promissoras de matéria-prima para produção de etanol de primeira geração nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal. Um segundo grupo com rendimentos entre 3,0 mil e 3,6 mil litros de etanol por hectare também mostrou potencial: 201543B020 (3.599,0), 201543B002 (3.464,3), CMSXS646 (3.353,1), 201543B006 (3.341,8), 201543B008 (3.307,9), 201543B015 (3.286,7), BRS 511 (3.178,7), 201543B005 (3.176,2), 201543B004 (3.165,4), 201543B018 (3.023,2), CMSXS647 (3.037,7), e 201543B014 (3.007,1).

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, é necessário: (a) ampliar a gama

de locais para avaliar a adaptação geográfica e climática dos genótipos de sorgo sacarino de interesse, preferencialmente próximos às Usinas Su-croalcooleiras (USAs); (b) intensificar as ações de pesquisa no sentido de selecionar materiais promissores, e ao mesmo tempo agilizar o processo de lançamento sempre que pertinente, bem como divulgar os resultados com o intuito de promover a adoção/uso; (c) estreitar parcerias com o setor produtivo, especialmente as USAs, no sentido inseri-lo de forma cooperativa no processo de avaliação dos genótipos, tendo em vista que ele dispõe de estrutura agrícola e laboratorial; (d) estruturar laboratórios para análises tecnológicas nas Unidades de Pesquisa da Embrapa que atuam no Programa de Melhoramento de Sorgo. Frequentemente, apenas uma adaptação é suficiente.

Importância da continuidade do programa

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], em virtude de sua ampla adaptação a diversos ambientes, é uma das espécies da família *Poaceae* mais cultivadas no mundo, sendo ultrapassada apenas pelo trigo, arroz, milho e cevada. Essencialmente, há cinco tipos de sorgo no mercado: granífero, sacarino, vassoura, forrageiro e biomassa. O granífero é um bom substituto ao milho na alimentação animal, razão por que sua cotação se correlaciona à do milho, cujos valores estão elevados (Conab, 2021) em razão da forte demanda internacional. A previsão para a safra 2020/2021 é de 2,6 milhões de toneladas, em uma área de 840,5 mil hectares, da qual 378 mil hectares (44,97%) em Goiás (Conab, 2021). Tendo em vista a projeção de aumento da área plantada, em razão da perspectiva positiva de preço, essa cultura pode tornar-se atrativa para a carteira de projetos da Embrapa Cerrados. O sorgo sacarino devido ao elevado teor de açúcares no colmo e elevada produção de massa verde por hectare, é reconhecido como cultura viável para a produção de bioetanol (Madhavilatha et al., 2017). O sorgo biomassa insere-se no contexto de cogeração de energia elétrica como fonte de matéria-prima. Assim, entendemos que as atividades de pesquisa com sorgo devem ser ampliadas na Embrapa Cerrados, de modo a contemplar também o sorgo granífero.

Referências

- ANJOS, J. de R. N. dos; MALAQUIAS, J. V.; PARRELLA, R. A. da C. **Avaliação de genótipos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina, Distrito Federal, Safra 2015/2016**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 370). Disponível em: <https://shre.ink/gFnf>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- BATISTA, V. A. P.; BARROS, A. F.; RIBEIRO, M. P.; BENGALA, P. S. P.; PIMENTEL, L. D. Produtividade de sorgo biomassa, sacarino e forrageiro em duas épocas de corte. In: WORKSHOP AGROENERGIA MATÉRIAS-PRIMAS, 11., 2017, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: IAC, 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2020-2021. **Boletim da Safra de Grãos**, v. 8 n. 8, maio 2021.
- FERNANDES, G.; BRAGA, T. G.; FISCHER, J.; PARRELLA, R. A. C.; RESENDE, M. M.; CARDOSO, V. L. Evaluation of potential ethanol production and nutrients for flour varieties of sweet sorghum during maturation. **Renewable Energy**, v. 71, p. 518-524, 2014.
- MADHAVILATHA, L.; RAO, M. S.; MADHURI, K. V. Evaluation of improved sweet sorghum genotypes for yield and juice quality traits. **International Journal of Clinical and Biological Sciences**, v. 2, n. 1, p. 50-54, 2017.
- MAY, A.; DURAES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).
- MEHMOOD, M. A.; IBRAHIM, M.; RASHID, U.; NAWAZ, M.; ALI, S.; HUSSAIN, A.; GULI, M. Biomass production for bioenergy using marginal lands. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, p. 3-21, 2017.
- NGHIEM, N. P.; MONTANTI, J.; JOHNSTON, D. B. Sorghum as a renewable feedstock for production of fuels and industrial chemicals. **AIMS Bioengineering**, v. 3, p. 75-91, 2016.
- REN, L.; CAAFFERTY, K.; RONI, M.; JACOBSON, J.; XIE, G.; OVAR, L.; WRIGHT, C. Analyzing and comparing biomass sweet sorghum case studies. **Energies**, v. 8, p. 5577-5597, 2015.
- SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C.; MAY, A.; DURÃES, F. O. M. Mestas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, ano 2, n. 3, p. 47, 2011.
- SOUZA, V. P. de; PARRELLA, R. A. da C.; TARDIN, F. D.; COSTA, M. R.; CARVALHO JÚNIOR, G. A. de; SCHAFFERT, R. E. Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 144-151, 2013.
- VINUTHA, K. S.; RAYAPROLU, L.; YADAGIRI, K.; UMAKANTH, A. V.; PATIL, J. V.; RAO, P. S. Sweet sorghum research and development in India: status and prospects. **Sugar Tech**, v. 162, n. 2, p. 133-143, 2014.



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

CAPÍTULO 11 – Coleção Adubos Verdes/Plantas de Cobertura

*Armanda Moreira de Carvalho
Renato Fernando Amabile*

Introdução e histórico

De acordo com projeção da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção agrícola global será superior a 60% para atender à demanda da população mundial que deverá atingir 9 bilhões de pessoas no ano de 2050 (FAO, 2017). Anualmente, mais de 3 milhões de toneladas de fertilizantes são necessárias para manter as elevadas produtividades de culturas, como as de milho e cana-de-açúcar

que possuem altas demandas de nitrogênio (N). O uso de leguminosas (por exemplo, *Mucuna* spp, feijão-bravo-do-ceará, feijão-de-porco, guandu e *Crotalaria* spp) cuja principal característica é a fixação biológica de N em sistemas agrícolas podem representar a incorporação de até 230 kg ha⁻¹ N, reduzindo as quantidades de fertilizantes aplicados. O uso de plantas de cobertura, seja em rotação, sucessão ou consórcios, é fundamental para a implantação de sistemas plantio direto (SPD) com qualidade, principalmente, no sentido de incrementar estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo, contribuindo assim, para mitigação dos gases de efeito estufa (GEEs) e das mudanças climáticas. A ciclagem de nutrientes também será favorecida, podendo propiciar condições de menores exigências em N via fertilização, sobretudo, no milho e outras gramíneas como cana-de-açúcar e *Brachiaria* spp, que demandam maiores doses de fertilizantes nitrogenados. A redução das quantidades aplicadas desse insumo refletirá em menor N mineral do solo, reduzindo suas perdas por lixiviação de nitrato, volatilização de amônia (NH₃) e em pequenas quantidades, emissão de óxido nitroso (N₂O).

Mesmo diante dos inúmeros benefícios das plantas de cobertura, seu uso ainda é limitado em SPD no Cerrado dada a sazonalidade da precipitação pluviométrica deste Bioma, onde é comum um período de cinco a seis meses sem chuvas por ano durante a entressafra, na qual se recomenda cultivar a chamada “safrinha”.

O uso de adubos verdes/plantas de cobertura proporciona, entre outros benefícios, a manutenção da umidade e da cobertura do solo na época seca e a diversidade de resíduos nos sistemas agrícolas (Carvalho et al., 2023). O produtor que opta pelo uso de plantas de cobertura consegue reduzir consideravelmente os custos com fertilizantes nitrogenados e com o controle de pragas e doenças, além de contribuir para melhor qualidade do solo, onde a matéria orgânica é seu principal componente de fertilidade no Cerrado.

Sistemas agrícolas com o predomínio de monocultivos são mais susceptíveis à degradação, sendo a perda de matéria orgânica um dos impactos mais negativos dessa prática agrícola. O “mix” de leguminosas e gramíneas e outras famílias de plantas é uma alternativa com o potencial de promover benefícios relevantes aos agroecossistemas. Isso porque cada espécie e família têm suas características favoráveis. Por exemplo, a

Crotalaria spectabilis promove elevada fixação biológica de nitrogênio e o milho possui sistema radicular profundo, com alta eficiência na ciclagem de nutrientes e uso da água nas camadas mais profundas do solo.

Exemplo de alternativas de espécies vegetais na sucessão de cultivos são *Crotalaria* spp, guandu, girassol, feijão-bravo-do-ceará, milho, além de *Mucuna* spp e nabo-forrageiro.

Resultados de pesquisas apontam que algumas plantas de cobertura como feijão-bravo-do-ceará e crotalaria-junceia substituem parcialmente o nitrogênio em cobertura no milho. O incremento de produtividade chega a 2 t/ha quando em sucessão às plantas de cobertura em relação ao pousio, ou seja, sem uso de plantas de cobertura na área (Carvalho et al., 2023).

O produtor se beneficia muito dessa técnica por meio do incremento de produtividade das culturas principais como o milho e cana-de-açúcar e pela redução da dependência externa por insumos, principalmente dos fertilizantes nitrogenados, inseticidas, fungicidas, nematicidas e herbicidas. O produtor deve procurar adaptar seu sistema agrícola sem grandes alterações operacionais e de custos, o que refletirá em benefícios não só econômicos, mas também ambientais. A redução de aplicação do fertilizante se reflete não só em economia desse insumo dependente do preço do petróleo, mas também em menor lixiviação de nitrato, menores emissões de óxido nitroso e menor volatilização de amônia, resultando em uma produção agrícola “mais limpa” pela menor intensidade de aplicações do nitrogênio e dos pesticidas em geral.

No momento de escolher a planta de cobertura, o produtor deve verificar se a espécie tem as características desejáveis como: elevada produção de biomassa, sistema radicular profundo, associação com bactérias, por ex. dos gêneros *Rhizobium* e *Azospirillum*, e com fungos micorrízicos, além de produção de sementes.

Para o guandu, o germoplasma utilizado no programa – 120 acessos – foi originado da introdução de genótipos, muitos deles de populações segregantes, procedentes da Coleção de Base da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e do International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT) as quais foram avaliadas e selecionadas na Embrapa Cerrados. Em 1999 e em 2000, novas avaliações e seleções foram realizadas, no período da entressafra, sob condições de estresse abiótico. Cerca de 900 linhagens foram selecionadas para dar continuidade a esta

ação. Foi obtida produção de fitomassa verde, em pleno florescimento, de até 20,5 t/ha e fitomassa seca de 6,2 t/ha; o rendimento de grãos foi de até 2.433,0 kg/ha. O guandu demonstrou grande adaptabilidade no Cerrado do Brasil Central. Adaptado à ampla faixa de precipitação, mostra-se resistente à seca, e é quase sempre sensível ao fotoperíodo, tendo resposta quantitativa ao florescimento em dias curtos (Amabile et al., 1999). O germoplasma de milheto também foi avaliado em um programa de seleção e melhoramento e diferentes espécies de mucuna (mucuna-preta, mucuna-cinza, mucuna-cochichinensis, mucuna-anã, mucuna-rajada, mucuna-jaspeada) foram avaliadas para seleção em uma coleção de trabalho.

Objetivos

Caracterizar e utilizar uma coleção de adubos verdes/plantas de cobertura em programas de melhoramento visando obter materiais geneticamente adaptados ao setor agropecuário em relação à produção de sementes (quantidade e qualidade), sementes de fácil colheita, tolerância à seca, possibilidade de mecanização, múltiplo uso (alimentação e condicionador do solo) e compatibilidade com o sistema de produção ou sincronia com a cultura principal por meio da diversificação da matriz de produção de grãos nos sistemas de integração agropecuários – Integração Lavoura-Pecuária (ILP), Integração Lavoural-Floresta (ILF) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

Estratégias de melhoramento

Melhoramento convencional e seleção em coleção de trabalho.

Materiais já avaliados

Mucunas spp

Cajanus cajan (L). Millsp

Pennisetum americanum

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, é necessário o desenvolvimento de ações de pós-melhoramento junto com a cadeia produtiva no Brasil.

Importância da continuidade da coleção

A Embrapa Cerrados mantém coleção de trabalho com usos potenciais para adubação verde e cobertura do solo desde 1970, com produção de sementes para manutenção desses materiais e fornecimento ao setor produtivo quando demandado, o que possibilita avaliações de características morfológicas importantes para seleção em programas de melhoramento genético. Essa coleção de trabalho é fundamental para o fornecimento de materiais mais promissores para os programas de melhoramento genético e a disponibilização desses materiais já com as características necessárias aos sistemas de cultivos agropecuários.

Referências

AMABILE, R. F.; SPEHAR, C. R.; COSTA, T. M. C. Avaliação e seleção de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) alternativa de múltiplos usos. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE - SIRGEALC, 2., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

CARVALHO, A. M. de; MIRANDA, J. C. de C.; GEROSA, M. L.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q. Adubação Verde no Cerrado. In: LIMA FILHO, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2023, v. 2, p. 375-406.

FAO. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/901168/>. Acesso em: 27 fev. 2024.



Fotos: Josefino de Freitas Fialho

CAPÍTULO 12 – Programa de Melhoramento Genético da Seringueira

Marcelo Fideles Braga, Ailton Vitor Pereira, Josefino de Freitas Fialho, Nilton Tadeu Vilela Junqueira, Wanderlei Antônio Alves de Lima e Elaine Botelho Carvalho Pereira

Introdução e histórico

A Amazônia brasileira é o centro de origem da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell. Arg.], espécie responsável pela maior parte da produção mundial de borracha natural e que está entre as espécies arbóreas mais plantadas no mundo, em mais de 14 milhões de hectares. Devido à qualidade da sua borracha, é utilizada na fabricação de pneumáticos e milhares de tipos de artefatos. Apesar de ter sido o maior produtor até a primeira metade do século 20, o Brasil tornou-se importador, sendo a maior parte da borracha consumida internamente vinda do sudeste asiático.

Os países do sudeste asiático (Tailândia, Indonésia, Vietnã, China, Índia, Malásia e outros) respondem por aproximadamente 90% da produção mundial de borracha natural (13,9 milhões de toneladas) para atender ao consumo mundial de 13,7 milhões de toneladas, em 2018 (Association of Natural Rubber Producing Countries, 2020). Em 2019, a produção nacional foi de 335.548 t de látex coagulado (IBGE, 2019), sendo inferior a 1,5% da produção mundial. Estima-se que as indústrias brasileiras de pneumáticos e artefatos de borracha tem uma dependência de importações de 50% da borracha natural consumida em seus produtos. Em termos de importações, a borracha natural é o segundo produto agrícola que mais afeta a balança comercial brasileira.

A produtividade média mundial de borracha seca é próxima de 1 t/ha/ano e a média nacional (1,2 t/ha/ano; 20% maior). Entretanto, o desempenho da produção nacional não tem sido suficiente para competir com os custos da borracha importada. Nos Estados de Goiás e São Paulo, a produtividade média é mais elevada e atinge, respectivamente, 1,4 e 1,6 t/ha/ano (IBGE, 2021), mesmo assim, ainda apresenta dificuldades para concorrer com a borracha importada, sobretudo nos períodos de preços baixos. Uma das soluções é buscar a redução de custos, por meio da utilização de cultivares com produtividades acima de 2 t/ha/ano.

O Brasil possui uma das maiores riquezas mundiais, que é a grande biodiversidade de nossas espécies nativas, mas é preciso acessar essa riqueza por meio da utilização dos recursos genéticos em nossas cadeias produtivas. Assim, além de ser fundamental a ampliação e o fortalecimento dos bancos de germoplasma com nossas espécies nativas, é fundamental garantir que, a partir desses bancos de germoplasma, sejam produzidas novas cultivares com impacto positivo em nossas cadeias produtivas

No início da Revolução Industrial (1760-1840), a borracha surgiu como uma das mais importantes matérias primas, principalmente depois do processo de vulcanização da borracha, da invenção do pneu e o florescimento da indústria de automóveis. O Brasil foi o primeiro grande fornecedor mundial, por meio do extrativismo dos seringais nativos da Amazônia. A economia da borracha no Brasil teve seu grande auge econômico entre 1879 e 1912 (Ciclo da Borracha). A partir da entrada no mercado internacional, da borracha produzida nos países asiáticos, em 1910, o protagonismo do Brasil entrou em declínio, de tal forma, que em 1951, o Brasil tornou-se

importador dessa matéria prima (Gonçalves et al., 1990). Com a introdução da seringueira no sudeste asiático (1876), principalmente na Malásia, livre do mal-das-folhas, a tecnologia dos sistemas de produção evoluiu rapidamente, e a região tornou-se a principal região produtora de borracha natural, já a partir do início do século 20. Os países asiáticos foram pioneiros no melhoramento, na evolução das técnicas de sangria e na viabilização da clonagem por meio da enxertia e tornaram a clonagem, a principal estratégia de melhoramento (Gonçalves et al., 1990).

O melhoramento de seringueira no Brasil iniciou-se nos os plantios da Companhia Ford (Fordlândia e Belterra), no Pará, entre 1927 e 1946. Basicamente o programa consistia em cruzamentos com acessos brasileiros (siglas F, FA, FB e Fx) com clones asiáticos. Em 1946 os trabalhos foram continuados com a criação do Instituto Agrônomo do Norte (IAN, hoje Embrapa Amazônia Oriental), visando a obtenção de clones produtivos e resistentes ao mal-das-folhas, causado pelo fungo *Pseudocercospora ulei* (Henn.) Hora Júnior e *Mizubuti* (*Basionímia: Microcyclus ulei* (Henn.) Arx, in Müller & Arx). Esse programa foi descontinuado em 1975, quando foi adotado pela da Embrapa, por meio do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira (CNPSe, hoje Embrapa Amazônia Ocidental), que passou a implementar e liderar o Programa Nacional de Pesquisas da Seringueira (PNP-Seringueira de 1975 a 1992). Nessa fase, o foco incluía prospecções e coletas em seringais nativos para a formação do banco de germoplasma e a realização de milhares de cruzamentos intraespecíficos (*H. brasiliensis*) e interespecíficos (*H. brasiliensis* x *H. benthamiana*, *H. brasiliensis* x *H. camargoana*, *H. benthamiana* x *H. camargoana*, *H. camargoana* x *H. pauciflora*, *H. guianensis* x *H. brasiliensis* e *H. guianensis* x *H. pauciflora*), gerando mais de cem clones no período de 1978 a 1984 (Paiva; Gonçalves, 1989). De 1985 a 1986, foram feitos milhares de cruzamentos entre clones primários de *H. pauciflora*, clones de *H. pauciflora* e clones de *H. brasiliensis*, clones de *H. pauciflora* e clones híbridos de *H. pauciflora* x *H. brasiliensis*, clones de *H. pauciflora* e clones híbridos de *H. benthamiana* x *H. brasiliensis*, clones de *H. brasiliensis* e clones híbridos de *H. benthamiana* x *H. brasiliensis*, e entre clones de *H. brasiliensis* (Kalil Filho; Junqueira, 1989). Entre as décadas de 1930 e 1980, grande investimentos e esforços de pesquisa foram realizados na Amazônia, gerando milhares de clones de seringueira (Bahia et al., 1985), porém sem o êxito esperado na obtenção de plantas produtivas e com resistência estável às principais doenças foliares.

Por causa dessa dificuldade e do longo ciclo do melhoramento, investiu-se também na técnica da enxertia de clones de copa resistentes ao mal-das-folhas (*H. pauciflora* e seus híbridos com *H. brasiliensis*, *H. benthamiana* e seus híbridos com *H. brasiliensis*) sobre troncos produtivos de clones de *H. brasiliensis*. Entre esses clones de copa, destacam-se o IAN 6543 e o IAN 6486, desenvolvidos por Pinheiro e Libonati (1971), com bons resultados quando enxertados sobre os clones RRIM 600, PB 311 e PB 314, na região de Pontes e Lacerda, MT (Moraes et al., 2013a,b). A partir da década de 1990, Moraes e Moraes (2008) cruzaram clones de *H. pauciflora* com clones *H. guianensis* var. *marginata* e *H. rigidifolia* (com resistência estável ao mal-das-folhas), gerando 18 clones de copa que foram enxertados sobre o clone de painel CNSAM 7905 (*H. brasiliensis*). Os resultados dessa pesquisa foram publicados por Cordeiro et al. (2011), com destaque para os clones CPAA C01, CPAA C06, CPAA C45, CPAA C13 e CPAA C16 que propiciaram maiores produções do clone de painel.

Paralelamente ao trabalho desenvolvido na Amazônia, o Instituto Agrônomo do Leste (IAL) também realizou pesquisas com seringueira na região Sul da Bahia, testando os clones amazônicos, realizando milhares de polinizações, criando e selecionando novos clones com foco na produção de borracha e na resistência a doenças. Os trabalhos realizados pelo IAL foram continuados pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), gerando vários clones com sigla SIAL, entre os quais se destacam os clones SIAL 893 e SIAL 1005, recomendados para plantio na região (SIAL, 1990; Marques, 2007). Nessa região, as Plantações Michelin da Bahia também desenvolveram um programa de melhoramento em parceria com o Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (CIRAD), realizando milhares de polinizações visando à seleção de clones produtivos e resistentes ao *M. ulei*, com destaque para os clones PMB 1, CDC 312 e FDR 5788, recomendados para plantio na região (Mattos, 2007).

Até o final da década de 1980, as pesquisas e os plantios de seringueira no Brasil se concentraram em áreas úmidas da Amazônia e do Sul da Bahia, enfrentando graves doenças foliares, principalmente o mal-das-folhas. Isso limitou o sucesso das pesquisas de melhoramento genético e a obtenção de clones produtivos e resistentes, levando as plantações ao fracasso e à desistência dos heveicultores nessas regiões (Gasparotto; Pe-

reira, 2012; MORAES et al., 2013a; Hora Júnior et al., 2014). A partir dessa época, após o fracasso de cultivos na Região Amazônica, os plantios de seringueira se expandiram para o Centro-Oeste, o Sudeste, o Norte do Paraná, o Tocantins e algumas regiões do Nordeste (Moraes et al., 2013b), para a “área de escape”, onde a baixa umidade, nos meses em que ocorre o reenfohlamento da seringueira, impede os surtos epidêmicos do mal-das-folhas (Gasparotto; Pereira, 2012).

Diante desse cenário, o BAG de Seringueira foi transferido da Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus, AM para a Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, no período de 1990 a 1996. Parte do germoplasma também foi repassado ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Instituto Agrônomo do Paraná (*Iapar*), mediante a atuação de pesquisadores da Embrapa nessas instituições. Além das amostras provenientes de Manaus, outros genótipos foram introduzidos na forma de mudas enxertadas em 1995 do Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM), e em 1998 do Institut des Recherches sur le Caoutchouc em Afrique (IRCA) na Costa do Marfim, do Rubber Research Institute of Ceylon/Sri Lanka (RRIC), do IAC e da Fazenda Triângulo em Pontes e Lacerda, MT. A coleção está conservada no campo experimental da Embrapa Cerrados e composta por 823 genótipos, sendo 318 genótipos clonados e 505 pés-francos, abrangendo diferentes procedências e espécies (*H. brasiliensis*, *H. pauciflora*, *H. guianensis* e *H. benthamiana*) e híbridos intraespecífico e interespecíficos, representados por dezenas de clones brasileiros [CNS, AC, AM, MT, RO, F, FA, Fx, IAN, IAC, SIAL, CPAC, TR, IPA], asiáticos (AVROS, RRIM, RRIC, PB, PR, PC, GT, SCATC e outros) e africanos (IRCA) e outros, que servem de suporte ao programa de melhoramento genético da cultura na região de cerrado e noutras regiões de escape.

O bom desempenho, no território paulista, de seringueiras introduzidas em 1915, na região atual do município de Gavião Peixoto (Oeste Paulista); a crise do café, a partir de 1929 e o crescimento da indústria paulista, deram impulso ao interesse de produzir borracha no estado de São Paulo (Scaloppi Junior et al., 2017). Segundo Gonçalves (2002), o IAC iniciou o programa de pesquisa de seringueira na década de 1950 com a introdução de clones amazônicos (Fx e IAN), da Libéria (clones da sigla C e sementes híbridas do cruzamento natural dos clones Tjir x Tjir 16), da Indonésia (GT, PR, Tjir e AVROS) e da Malásia (PB e RRIM, inclusive o RRIM 600). A partir dessa

coleção, novos materiais foram gerados por meio de progênies de polinização aberta e controlada e, em 1960, teve início a clonagem das melhores plantas de oriundas das sementes híbridas de Tjir 1 x Tjir 16 plantadas nas estações experimentais de Ubatuba e Pindamonhangaba. Em 1965, começaram as polinizações controladas visando ao plantio no Litoral (cruzamentos interespecíficos para obtenção de plantas produtivas e resistentes ao mal-das-folhas) e no Planalto Paulista (cruzamentos intraespecíficos com foco na produção de borracha). De 1965 a 1978, foram feitas milhares polinizações controladas, originando mais 20 clones, entre eles IAC (35, 40, 56, 300, 301, 302, 303, 328, 330 e 331) com desempenho superior ao clone RRIM 600 (Gonçalves et al., 2002; 2006a). Nas décadas de 1980 e 1990 foram realizadas milhares de polinizações, gerando mais 500 novos clones, com destaque para IAC (400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 409, 410 e 411) (Gonçalves et al., 2007) e IAC (500, 501, 502, 503, 506, 511 e 512) (Gonçalves et al., 2011). Atualmente, 80% a 90% da área ocupada com seringais de cultivo é formada com o clone RRIM 600, introduzido pelo IAC em 1952 (Scaloppi Junior et al., 2017).

Com o sucesso do cultivo da seringueira em São Paulo, os seringais de cultivo ressurgiram no Brasil, agora em área de escape ao mal das folhas. Os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, passaram a concentrar a maior parte da produção de borracha no Brasil.

Após a implantação do BAG de seringueira na Embrapa Cerrados, de 1998 a 2004, alguns projetos foram aprovados para a sua conservação, caracterização e avaliação, bem como para as atividades de implantação e condução de experimentos de avaliação dos clones mais promissores em diferentes locais e ambientes da região de Cerrado, da Amazônia e de transição entre ambas. Entre 2005 e 2013, essas atividades foram conduzidas sem aprovação no Sistema Embrapa de Gestão de Projetos (SEG), mantendo-se formalizada apenas a atividade de manutenção do BAG de seringueira na Plataforma de Recursos Genéticos, liderada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. As atividades de avaliação de clones foram continuadas graças à parceria com heveicultores que realizavam a manutenção dos experimentos, em suas propriedades, sob a supervisão de pesquisadores da Embrapa Cerrados.

Em 2014, a Embrapa restabeleceu o programa de melhoramento genético da seringueira, com a aprovação do projeto Melhoramento Genéti-

co da Seringueira no Brasil, código SEG 02.13.07.002.00.00, contando com a parceria de produtores rurais em Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Paraná, Acre e Bahia. Em 2018, o projeto teve sua continuação aprovada, Melhoramento Genético da Seringueira – Fase 2, SEG: 20.18.01.003.00.00, para o período de 2018 a 2023.

Objetivos

Desenvolver cultivares de seringueira, para diversas regiões do país, com foco no aumento da produtividade de látex, na diversificação da base genética dos clones comerciais e na resistência genética aos ataques de pragas e doenças.

Estratégias de melhoramento

O programa segue a estratégia de melhoramento de Gonçalves (1997), que é definida em cinco fases: (1) Prospecção, avaliação e conservação de recursos genéticos em banco de germoplasma; (2) Obtenção de progênies de melhoramento de meios-irmãos (in situ, ex situ ou in agro) ou de irmãos-completos (polinização controlada); (3) seleção precoce dos genótipos superiores em viveiros de cruzamento; (4) condução de experimentos de pequena escala (clones testados em poucos locais); e (5) condução de experimentos de grande escala (clones testados em várias locais e ambientes).

Principais avanços

Até o momento, o principal avanço do programa foi a finalização do ciclo de avaliação dos 85 clones pré-selecionados, a partir da implantação do BAG de seringueira na Embrapa Cerrados, na década de 1990. Ao todo, foram pré-selecionados e avaliados 85 clones (63 asiáticos, 11 africanos e 11 nacionais), em área da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF e áreas de heveicultores parceiros em Goianésia, GO, Barro Alto, GO e Pontes e Lacerda, MT. Esse trabalho permitiu a seleção de vários clones orientais (PB 291, PB 311, PB 312, PB 314, PB 324, PB 326, PB 350, PB 355, RRIM 713, RRIM 901, RRIM 937, RRIM 938, PC 119, PC 140, OS 22) com produtividades médias acima de 2 t de borracha seca por hectare e o registro desses clones

no sistema nacional de registro de cultivares (Novos..., 2020; Pereira et al., 2020a,b). Além desses clones selecionados, mais três clones tradicionais (testemunhas) foram introduzidos para avaliações em três localidades do estado do Tocantins e se encontram ainda em fase de crescimento. Na região de Pontes e Lacerda, MT, foram selecionados dois clones resistentes a doenças para enxertia de copa sobre três clones de painel, no estado do Acre, 2 clones foram selecionados para resistência a doenças, e no Amazonas, 8 clones de copa e um clone de painel foram selecionados e deverão ser encaminhados para multiplicação e registro no sistema de registro de cultivares do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Nos próximos anos, há previsão de seleção de novas cultivares em diferentes escalas de maturidade tecnológica TRL 4 (101), TRL 5 (3), TRL 6 (19), TRL 7 (11).

Além de vários clones em processo final de seleção, o projeto também avançou em conhecimento e metodologias que irão agregar valor e eficiência aos processos de avaliação, propagação, sangria e seleção no programa de melhoramento. Para certificação clonal foi definido metodologia de análise genômica, onde foram selecionados dez marcadores SSR para discriminação e certificação clonal (fingerprint), importante para diferenciação e identificação de clones, evitando também a duplicação de acessos e a sua identificação errada nas coleções de trabalho e no BAG. Também foi avaliada a diversidade genética do BAG e das coleções de trabalho, por meio da caracterização molecular de 318 acessos, concluindo-se que há alta variabilidade entre os acessos amostrados e que uma coleção nuclear pode ser formada com 49 genótipos, representando 85% da diversidade total. Além disso, essa caracterização mostrou que espécies do gênero *Hevea* compartilham homologies em regiões flaqueadoras de microsatélites. A diversidade genética e discriminação clonal também foi avaliada utilizando-se 17 descritores multicategóricos de folhas, preconizados pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC-Mapa). Esse estudo verificou que as características foliares são importantes para caracterização da diversidade genética, mas não foram suficientes para discriminação clonal, exigindo a inclusão de outras características morfoagronômicas e de discriminação por meio do uso de marcadores moleculares do DNA. Um outro estudo, em 29 clones elite, verificou que os clones elite presentes no BAG da Embrapa Cerrados apresentam alta variabilidade genética, com grande potencial para compor e diversificar a base genética dos clones comerciais, bem

como para serem utilizados em hibridações controladas para geração de novas progênies melhoradas.

Os experimentos visando a multiplicação *in vitro* mostraram que há grande dificuldade de estabelecimento *in vitro* utilizando-se explantes de segmentos nodais de plantas adultas, principalmente devido à grande contaminação e à forte oxidação dos explantes.

Avanços importantes foram feitos para desenvolver e validar marcadores moleculares para identificar polimorfismos relacionados à resistência ao mal-das-folhas e secamento de painel, por meio da análise de transcritomas com expressão diferencial em folhas. Estes estudos possibilitaram a criação da rede AraHevea, *in silico*, em referência a genes relacionados a rotas metabólicas ativadas, em *Hevea sp.*, quando há interação com o patógeno *P. ulmi*. (mal-das-folhas). Quarenta e sete transcritos identificaram *loci* polimórficos com potencial para o desenvolvimento de marcadores moleculares que poderão ser utilizados em estratégias de seleção assistida.

A diagnose fisiológica do látex de alguns clones permitiu verificar se havia exploração excessiva, permitindo ajuste na frequência de sangria e manutenção da qualidade fisiológica do látex, mesmo em períodos de baixa disponibilidade hídrica. Além disso, permitiu verificar que os parâmetros fisiológicos do látex podem variar de acordo com as condições de precipitação na região, enfatizando a importância de ponderar a caracterização produtiva da planta com as características do ambiente no qual está sendo cultivada.

As atividades no BAG-Seringueira avançam na caracterização dos acessos (descritores morfológicos) e documentação no sistema da plataforma Alelo da Embrapa.

O Programa de Melhoramento Genético da Seringueira tem apresentado não somente a entrega de produtos tecnológicos para incorporação ao processo produtivo, mas também avanços em ferramentas e processos que irão agregar valor ao programa de melhoramento. Exitoso em sua proposta, o projeto deve ser continuado de forma a capitalizar os avanços conquistados e continuar a entrega de mais ativos tecnológicos e inovação para a cadeia produtiva da borracha natural no Brasil.

Na Tabela 12.1, estão listadas as cultivares lançadas no período 2018 a 2019.

Tabela 12.1. Cultivares lançadas. Registradas e em fase de lançamento (TRL = 8).

Número	Denominação	Ano do registro	Número de registro
1	OS 22	2018	38397
2	RRIM 713	2018	38398
3	PC 119	2018	38399
4	PB 312	2018	38400
5	PB 311	2018	38401
6	PB 291	2019	40549
7	RRIM 937	2019	40550
8	PC 140	2019	40552
9	RRIM 938	2019	40553
10	RRIM 901	2019	40555
11	PB 324	2019	40556
12	PB 326	2019	40558
13	PB 350	2019	40559
14	PB 314	2019	40554
15	PB 355	2019	40557

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, estas ações estratégicas devem ser implementadas: (a) desenvolver modelos de negócios adequados a cultivares de plantas perenes, de forma a potencializar a captação de investimentos privados, com proporcional participação destes nas receitas provenientes do royalties dessas cultivares; (b) ampliar e estreitar as parcerias com grandes heveicultores, de modo a realizar a maior parte possível do programa de melhoramento em áreas de parceiros, pois a cultura exige extensas áreas experimentais, devido ao número de materiais genéticos, espaçamento de plantio, número de repetições e plantas por parcela, longo prazo de execução e alta demanda de mão de obra, cada vez mais escassa e difícil de suprir; (c) viabilizar a contratação de mão de obra de campo temporária, para recuperar e dar nova dinâmica ao campo experimental dentro de cada unidade; (d) mais recursos para viagens, pois a região de cobertura experimental é grande e o programa precisa de mais pontos de experimentação para diminuir o tempo

de lançamento das cultivares; (e) priorizar a aplicação das receitas de royalties (dos modelos de negócios definidos) para retroalimentar a atividade de pesquisa no desenvolvimento de cultivares; (f) mobilizar a equipe para desenvolver projetos de inovação na área de fitotecnia e fitossanidade, visando preservar e potencializar os ganhos genéticos do programa de melhoramento; e (g) investir na prospecção e caracterização de marcadores moleculares com vistas a implementar ferramentas de seleção genômica ampla, aumentando a eficiência do processo de seleção.

Importância da continuidade do programa

A seringueira é um dos mais importantes recursos genéticos brasileiros. Consequências desastrosas já foram sofridas na economia brasileira, por não investir no melhoramento da seringueira de forma proporcional à importância desse recurso genético para o mundo e para nossa sociedade. Apesar dos avanços na seleção e da oferta de clones para plantio no Brasil, o melhoramento da seringueira não pode parar, porque o seu ciclo é longo (25 a 30 anos) e já estamos muito atrasados em relação aos países concorrentes do sudeste asiático. Ressalta-se, portanto, a importância do melhoramento genético como a principal forma de otimizar o uso da terra e aumentar a produtividade e renda dos produtores, sem afetar significativamente o custo de produção, favorecendo a competitividade com a borracha importada.

Atualmente o clone RRIM 600 representa de 80% a 90% da área em produção em seringais cultivados. Isso é um perigo, do ponto de vista da diversidade genética e da suscetibilidade fitossanitária, devido ao risco de eventos de quebra de resistência genética e de adaptação de novas pragas e patógenos. Essa situação cria uma forte demanda por um programa de melhoramento que possa inovar com clones mais produtivos, adaptados a diferentes regiões produtivas; e que proporcionem menor vulnerabilidade genética dos seringais, com a diversificação de genótipos nos sistemas produtivos.

Como principal instituição de pesquisa em agricultura tropical e como pilar da sustentabilidade do agronegócio brasileiro, a Embrapa tem o dever de proporcionar à heveicultura brasileira, os avanços tecnológicos de que tanto necessita; e à sociedade brasileira, os benefícios dos investimentos feitos para acessar e preservar nossa rica biodiversidade.

Não é somente uma questão de aumentar a produção para substituir importações, mas de tornar o Brasil, o País com a cadeia produtiva de borracha natural mais competitiva e sustentável do planeta.

Referências

ASSOCIATION OF NATURAL RUBBER PRODUCING COUNTRIES (ANRPC). **Natural Rubber Trends and Statistics**, Kuala Lumpur, Malaysia, v. 12, n. 3, 2020.

BAHIA, D. B.; PINHEIRO, E.; GOMES, A. R. S.; VALOIS, A. C. C.; GONCALVES, P. de S.; MELO, J. R. V. de; PEREIRA, J. de P. **Clones de seringueira (Hevea sp. (HBK) Muel. Arg.) origem e ancestralidade**. Ilheus, BA: CEPLAC-CEPEC; EMBRAPA, 1985.

CORDEIRO, E. R.; MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; MORAES, V. H. de F. Parâmetros genéticos para produção de borracha em clones de copa de seringueira na Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil**. Piracicaba, SP: SBMP, 2011.

DI DEUS, E. A borracha que apaga o café: notas para uma história tecnoambiental da seringueira em São Paulo. **Estudos Ibero-Americanos**, v. 46, n. 1, e34047, 2020.

GASPAROTTO, L.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, A. F. dos; PEREIRA, J. C. R.; FURTADO, E. L. Doenças das folhas. In: GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. (Ed.). **Doenças da seringueira no Brasil**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012. p. 35-176. Cap. 3.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. (Ed.). **Doenças da seringueira no Brasil**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012.

GONÇALVES, P. de S. Novos clones de seringueira para o estado de São Paulo. ENCONTRO TÉCNICO NACIONAL DE HEVEICULTURA, 3. Barretos, 2013. **[Anais...]**. São Paulo: Defesa Agropecuária, Estado de São Paulo, 2013.

GONÇALVES, P. de S. Uma história de sucesso: a seringueira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v. 54, n. 1, p. 6-14, 2002.

GONÇALVES, P. de S.; AGUIAR, A. T. da E.; GOUVÊA, L. R. L. Expressão fenotípica de clones de seringueira na região noroeste do estado de São Paulo. **Ciência Agrícola**, v. 65, n. 3, p. 389-398, 2006a.

GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; BOAVENTURA, M. A. M.; MARTINS, A. L. M.; LAVORENTI, C. Biologia, citogenética e ploidia de espécies do gênero Hevea. **O Agrônomo**, v. 41, n. 1, p. 40-63, 1989.

GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; ORTOLANI, A. A. Origem, variabilidade e domesticação da Hevea; uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 135-156, 1990.

GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A. L. M.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; OTTATI, E. L.; ORTOLANI, A. A.; GODOY JUNIOR, G. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do planalto de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 131-138, 2002.

GONCALVES, P. de S.; ORTOLANI, A. A.; CARDOSO, M. **Melhoramento genético da seringueira**: uma revisão. Campinas: IAC, 1997. (IAC. Documentos, 54).

GONÇALVES, P. de S.; PAIVA, J. R. de; SOUZA, R. A. de. **Retrospectiva e atualidade do melhoramento genético da seringueira (Hevea spp.) no Brasil e em países asiáticos**. Manaus: EMBRAPA-CNPDS, 1983. (EMBRAPA-CNPDS. Documentos, 2).

GONÇALVES, P. de S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MARTINS, M. A.; MORENO, R. M. B.; BRANCO, R. B. F.; GONÇALVES, E. C. P. Assessment of growth and yield performance of rubber tree clones of the IAC 500 series. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1643-1649, 2011.

GONÇALVES, P. de S.; SILVA, M. de A.; AGUIAR, A. T. da E.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GOUVÊA, L. R. L. Phenotypic expression of IAC clones in the northwestern region of São Paulo State. *Ciência Agrícola*, v. 64, n. 3, p. 241-248, 2006b.

GONÇALVES, P. de S.; SILVA, M. de A.; AGUIAR, A. T. da E.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GOUVÊA, L. R. L. Performance of new Hevea clones from IAC 400 series. *Ciência Agrícola*, v. 64, n. 3, p. 241-248, 2007.

HORA JUNIOR, B. T. da; MACEDO, D. M. de; BARRETO, R. W.; EVANS, H. C.; MATTOS, C. R. R.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Erasing the past: a new identity for the damoclean pathogen causing South American leaf blight of rubber. **PLOS One**, v. 9, n. 8, p. 1-12, 2014.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: tabela 5457: área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Busca?q=lavouras permanentes>. Acesso em: jun. 2021.

KALIL FILHO, A. N.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Bases e procedimentos para o Programa Atual de Melhoramento de Seringueira no CNPDS-Manaus, AM**. Manaus: EMBRAPA-CNPDS, 1989. (EMBRAPA-CNPDS. Documentos, 8).

MARQUES, J. R. B. **SIAL 1005**: um clone de seringueira com dupla aptidão. Itabuna: CEPLAC/CEPEC, 2007. (CEPLAC/CEPEC. Recomendação Técnica, 4).

MATTOS, C. R. R. Programa de melhoramento genético de clones com resistência ao fungo *Microcyclus ulei*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HEVEICULTURA "SERINGUEIRA". Guarapari, 2007. **Anais...** Vitória: INCAPER/CEDAGRO, 2007.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. de F.; MOREIRA, A.; PEREIRA, A. V.; SOUZA, N. P. de; YOSHITAMI, R. Y.; FIALHO, J. de F.; CORDEIRO, E. R. **Desempenho de seringueira em sistema de tricompostos no sudoeste do estado de Mato Grosso**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013a. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 106).

MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; FONTES, J. R. A.; CORDEIRO, E. R.; MORAES, V. H. de F. Assessment of rubber tree panels under crowns resistant to South American leaf blight. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 466-473, 2011.

MORAES, V. H. de F.; MORAES, L. A. C. Desempenho de clones de copa de seringueira resistentes ao mal-das-folhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1495-1500, 2008.

MORAES, V. H. de F.; MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; SOUZA, N. P. de; YOKOYAMA, R.; PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F. Desempenho de clones de copa e painel de seringueira no sudoeste do Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 597-604, 2013b.

NOVOS clones de seringueira para cultivo na região Centro-Oeste do Brasil. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

PAIVA, J. R. de; GONÇALVES, P. de S. **Eficiência do Programa de Melhoramento da Seringueira no Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê** - nove anos de experiências. Manaus: EMBRAPA-CNPDS, 1989. (EMBRAPA-CNPDS. Boletim de Pesquisa, 2).

PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; LIMA, W. A. A. de; DIANESE, A. de C.; ALVES, R. T.; VEIGA, A. D.; FALEIRO, F. G.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; BRAGA, M. F.; MALAQUIAS, J. V. **Desempenho de clones de seringueira na região Centro-Oeste do Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020a. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 360).

PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. de F.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; LIMA, W. A. A. de; DIANESE, A. de C.; ALVES, R. T.; VEIGA, A. D.; FALEIRO, F. G.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; BRAGA, M. F.; MALAQUIAS, J. V. **Clones de seringueira selecionados para cultivo no estado de Goiás e no Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020b. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 184).

PINHEIRO, E.; LIBONATI, V. F. O emprego da Hevea pauciflora M.A. como fonte genética de resistência ao mal-das-folhas. **Polímeros**, v. 1, n. 1, p. 31-40, 1971.

SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FREITAS, R. S.; GONÇALVES, P. S. **Da Amazônia para as terras paulistas: o papel do Instituto Agrônomo para o desenvolvimento da heveicultura**. O Agrônomo (Campinas), v. 9, p. 56-61, 2017.

SIAL 893: novo clone de seringueira. Itabuna, BA: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC): Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), [1990?]. Folder.



Foto: Adriano Delly Veiga

CAPÍTULO 13 – Programa de Melhoramento Genético dos Cafés (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*)

Adriano Delly Veiga
Gabriel Bartholo
Renato Fernando Amabile

Introdução e histórico

As primeiras plantas de cafés chegaram a Embrapa Cerrados na década de 1980, por meio de pesquisadores de outras instituições, sendo utilizadas para trabalhos na área de manejo de solo e plantas. Mas a partir dos anos 2000, com introduções de acessos de cafés das espécies comer-

ciais *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, oriundos de instituições parceiras, o banco ativo de germoplasma foi formado e ampliado, visando o aumento da variabilidade genética, a conservação, caracterização e seleção de genótipos superiores, a serem introduzidos dentro do programa de melhoramento.

Algumas instituições tradicionais com a pesquisa do café, como o Instituto Agrônômico de Campinas (AC), possuem atividades de melhoramento desde a década de 1930, gerando cultivares e informações para a cafeicultura nacional. Para o programa instalado nas áreas experimentais da Embrapa Cerrados, sob liderança da Embrapa Café e financiado principalmente pelo Consórcio Pesquisa Café, existem atividades de pesquisa recentes com o objetivo de gerar informações técnicas e recomendações de cultivares para regiões com condições edafoclimáticas semelhantes, dentro do sistema irrigado de produção.

Atividades e ações de pesquisa ligadas a caracterizações de acessos em áreas experimentais da Embrapa, vem sendo realizadas desde 2009 para café arábicas (Veiga et al., 2018) e para cafés canéforas (Veiga et al., 2020), visando seleções e desenvolvimento de novas tecnologias dentro do programa de melhoramento.

Objetivos

As áreas de cerrado possuem grande potencial para obtenção de altas produtividades, qualidade e sustentabilidade do produto, aliados a custos de produção menores, comparados às regiões tradicionais, por possuírem áreas planas com possibilidades do uso da mecanização em diferentes etapas.

O objetivo geral do programa é a obtenção e geração de cultivares das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, adaptadas ao sistema irrigado de produção no cerrado. Como foco da atuação existem avaliações de caracteres agrônômicos de interesse tais como o ajuste de porte e a maior longevidade de exploração das plantas, assim postergando a entrada de podas para manutenção, em cafés arábicas; altas produtividades de grãos aliadas a composição química diferenciada e qualidade de bebida; tolerância e resistência a pragas e doenças e plantas mais ajustadas para a colheita mecanizada.

Estratégias de melhoramento

As atividades de melhoramento incluem o uso do melhoramento convencional com fenotipagens em campos de produção aliadas a genotipagem e caracterização dos genótipos por meio de marcadores moleculares SNPs, em parcerias das unidades Embrapa Cerrados e Embrapa Café (estruturas, corpo técnico, recursos, bolsistas). Em processo de instalação, ferramentas e equipamentos para uso da biotecnologia e cultura de tecidos, serão utilizados para produção de mudas clonais de híbridos de cafés arábicas. Para as atividades e metodologias estão sendo utilizadas hibridações intraespecíficas e interespecíficas e retrocruzamentos para obtenção de genótipos com múltiplas características de interesse.

Tem-se a necessidade de conservação dos genótipos existentes no banco de germoplasma, assim como a constante introdução de acessos contendo características de interesse, como possibilidades de linhas de pesquisa ligadas a altas temperaturas e uso eficiente da água.

Previsão de lançamento de novas cultivares

Ao longo dos anos genótipos superiores estão sendo selecionados para ambas as espécies comerciais e sendo alocados em ambientes relevantes de produção. Para a espécie *Coffea canephora*, variedade botânica Conilon, clones estão sendo agrupados para composição de cultivar clonal, com a avaliação realizada em áreas de parceiros externos para maiores observações e validações. Existe a possibilidade de lançamento em médio prazo, com clones já submetidos ao Mapa visando registro e proteção.

Eficiência do programa

O programa está concentrado nos campos experimentais da Embrapa Cerrados, com o suporte técnico e financeiro da Embrapa Café (Consórcio Pesquisa Café), com necessidade interna de uso de mão de obra terceirizada, para períodos críticos como a colheita dos frutos e podas de manutenção. Existe a necessidade de ampliar parceiros externos para realizar a instalação e avaliações de genótipos, selecionados em fases finais de processo, em ambientes relevantes de produção. As parcerias com instituições tradicionais e renomadas com a pesquisa de cafés como Instituto

Agrônomo de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Embrapa Rondônia e Universidades (Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal de Viçosa) devem ser contínuas. Além disso, existe a necessidade de ampliação do uso da biotecnologia para o aumento da eficiência em seleções e a redução do tempo para obtenção de genótipos superiores e posteriormente o lançamento de cultivares.

Para as regiões de interesse de mercado (DF, GO, MG) existe a necessidade de maior interação com produtores e instituições de transferência das tecnologias (Emater), visando a troca de informações e experiências, assim como o levantamento de novas demandas.

Importância da continuidade do programa

Com toda certeza deve ser priorizado este programa, contendo as espécies comerciais de cafés, com objetivos e focos no sistema de cultivo irrigado para o cerrado. Os recursos podem ser oriundos por meio do projeto vigente e futuros, financiados por meio do Consórcio Pesquisa Café, para treinamento e capacitação de pessoas, de vital importância para obtenção de resultados. A região do bioma cerrado, em altitudes mais elevadas, representa potencial de expansão e exploração da cultura, com ambas as espécies comerciais. A região possui condições climáticas favoráveis para a obtenção de elevadas produtividades com alta qualidade com a possibilidade do uso de máquinas em diferentes etapas, devido ao relevo com áreas planas. Dessa forma, é necessária a continuidade e priorização do programa para avaliações, caracterizações, seleções de genótipos, os quais poderão gerar novas opções de cultivares adaptadas, aliado às recomendações técnicas já existentes. As inovações poderão contribuir para o aprimoramento constante do sistema de produção no cerrado, para diferentes níveis de tecnologia.

Referências

VEIGA, A. D.; GUERRA, A. F.; BARTHOLO, G. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; CARVALHO, M. A. de F.; AMABILE, R. F. **Desempenho agrônomo de cultivares de Café Conilon com diferentes épocas de maturação dos frutos no Cerrado Central**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 367).

VEIGA, A. D.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; BARTHOLO, G. F.; RODRIGUES, G. C.; PEREIRA, W.; DA SILVA, T. P.; PEREIRA DA SILVA, E. F. Agronomic performance and adaptability of arabic coffee resistant to leaf rust in the central brasilian savana. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 41 - 52, 2018.



Foto: Ailton Vitor Pereira

CAPÍTULO 14 – Caracterização e Uso de Recursos Genéticos de Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez)

José Teodoro de Melo
Ailton Vitor Pereira
Elainy Botelho Carvalho Pereira

Introdução e histórico

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomez) é uma árvore da família Apocinaceae, encontrada naturalmente no Brasil. Sua distribuição ocorre nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, com maior abundân-

cia nas áreas de tabuleiros e baixadas litorâneas do Nordeste, onde se encontra quase a totalidade da produção nacional (Sousa et al., 2005).

As mangabeiras nativas têm sido muito exploradas e devastadas, principalmente na região Nordeste onde sofrem intenso extrativismo, causando intensa erosão genética (Pinheiro et al., 2001; Jimenez et al., 2015). Os frutos são consumidos puros ou processados na forma como polpas, geleias, sorvetes, sucos, doces, bolos, biscoitos e licores. O estado de Sergipe concentra a maior parte da produção brasileira de mangaba, sendo que 90% provêm das áreas nativas por meio do extrativismo. Depois de Sergipe, os maiores produtores são os estados de Minas Gerais e Bahia (Lima; Scariot, 2011).

A erosão genética das populações de mangabeiras, especialmente em áreas nativas do cerrado, evidencia a importância da conservação *ex situ* em bancos germoplasma, além da manutenção *in situ* das populações nativas.

O Banco Ativo de Germoplasma de Mangaba foi implantado no campo experimental da Embrapa Cerrados, em dezembro de 1999. São conservados 15 acessos coletados nos municípios goianos de Padre Bernardo e Cidade de Goiás, e no Distrito Federal. As atividades desenvolvidas consistem na conservação das plantas em campo, adotando medidas para evitar incêndios, os devidos tratamentos culturais e a caracterização por meio de descritores morfológicos e fenológicos das plantas e frutos e suas características físico-químicas, incluindo a sua documentação na base Alelo.

Resultados alcançados

Foram caracterizados 12 acessos com base nas seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do caule a 20 cm do solo, diâmetro da copa, comprimento e largura da folha, diâmetro longitudinal e transversal e peso dos frutos (Tabela 13.1).

O comprimento médio das folhas variou de 7,4 cm no acesso CPA-CMAN15 a 11,8 cm no acesso CPACMAN24, a largura média das folhas variou de 3,5 cm nos acessos CPACMAN14 e CPACMAN15 a 6,0 cm nos acessos CPACMAN13 CPACMAN16, o diâmetro longitudinal médio do fruto variou de 4,2 cm nos acessos CPACMAN13 e CPACMAN15 a 5,4 cm no acesso CPA-CMAN19, o diâmetro transversal médio do fruto variou de 4,0 cm no acesso CPACMAN13 a 5,0 cm no acesso CPACMAN20, o peso médio dos frutos variou de 38,7 g no acesso CPACMAN13 a 60,2 g no acesso CPACMAN20.

Tabela 13.1. Acessos caracterizados segundo as variáveis altura da planta, diâmetro do caule, diâmetro da copa, comprimento e largura da folha, diâmetro longitudinal e transversal e peso dos frutos.

Acesso	DCO⁽¹⁾ (m)	DCA⁽²⁾ (cm)	ALT⁽³⁾ (m)	CFO⁽⁴⁾ (cm)	LFO⁽⁵⁾ (cm)	DLFR⁽⁶⁾ (cm)	DTFR⁽⁷⁾ (cm)	PFR⁽⁸⁾ (g)
CPACMAN12	3,9	16,2	5,6	10,2	5,4	4,7	4,6	54,6
CPACMAN13	4,3	11,1	2,0	10,8	6,0	4,2	4,0	38,7
CPACMAN14	4,7	14,6	4,3	8,3	3,5	4,5	4,7	54,8
CPACMAN15	4,8	14,3	4,0	7,4	3,5	4,2	4,2	40,2
CPACMAN16	2,9	11,8	3,5	11,0	6,0	5,2	4,4	50,0
CPACMAN17	4,5	16,2	4,8	8,5	4,7	4,8	4,2	44,6
CPACMAN18	3,5	12,1	4,0	10,9	6,2	4,9	4,6	54,3
CPACMAN19	5,8	12,4	5,0	9,9	5,1	5,4	4,7	54,6
CPACMAN20	3,9	14,3	5,6	8,8	5,5	4,7	5,0	60,2
CPACMAN21	4,1	12,4	4,8	11,1	5,4	4,5	4,4	45,8
CPACMAN22	7,3	14,0	6,0	9,5	4,7	4,8	4,4	48,5
CPACMAN23	3,5	16,2	4,5	11,3	5,2	4,6	4,2	43,0
CPACMAN24	4,3	11,1	2,0	11,8	5,2	4,5	4,4	42,0

⁽¹⁾ DCO = diâmetro da copa; ⁽²⁾ DCA = diâmetro do caule; ⁽³⁾ ALT = altura da planta; ⁽⁴⁾ CFO = valores médios de comprimento da folha; ⁽⁵⁾ LFO = largura da folha; ⁽⁶⁾ DLFR = diâmetro longitudinal do fruto; ⁽⁷⁾ DTFR = diâmetro transversal do fruto; e ⁽⁸⁾ PFR = peso do fruto de acessos de mangaba.

Paralelamente ao trabalho de conservação, caracterização e avaliação agrônômica do banco de germoplasma de mangaba, outras pesquisas foram desenvolvidas visando viabilizar a propagação da espécie. Nesse sentido, foram conduzidos experimentos que permitiram avanços significativos no processo de conservação, domesticação e viabilização do cultivo (Pereira et al., 2002a,b; Pereira et al., 2006a,b; Pereira & Pereira, 2010; Vieira Neto et al., 2006), tais como: a) indicação de recipientes, substratos e adubações adequados para produção de mudas de boa qualidade; b) enxertia das mudas por borbulhia de placa, com mais de 90% de sucesso, que permite a clonagem de plantas superiores com caracteres desejáveis, garantindo a sua conservação e abrindo perspectivas para seleção de futuras de

cultivares de mangaba, a exemplo do que ocorre com a maioria das fruteiras propagadas vegetativamente. Deve-se destacar que a clonagem constitui um grande e importante atalho no longo programa de melhoramento de espécies perenes, mantendo os caracteres desejáveis de qualquer indivíduo selecionado na natureza ou em qualquer etapa do melhoramento. Durante a manutenção do banco de germoplasma e os trabalhos de propagação, o convívio com a cultura permitiu identificar as principais pragas e doenças que afetam a espécie, relatadas por Junqueira et al. (2006), Pereira et al. (2010), Lêdo et al. (2015).

Importância da continuidade do programa

Os recursos genéticos vegetais fazem parte da biodiversidade e, por isso, a sua preservação é considerada um patrimônio essencial para as gerações atuais e futuras. Portanto, a manutenção das plantas em bancos de germoplasma pode ser considerada base valiosa para evitar problemas futuros como a fome e a pobreza.

Além disso, os recursos genéticos guardam genes de grande importância para o melhoramento das plantas em benefício da humanidade. A partir deles é possível desenvolver plantas mais produtivas e adaptadas, a fim de atender às necessidades dos agricultores e consumidores.

O Banco Ativo de Germoplasma de Mangaba faz parte da SI 6, Bancos Ativos de Germoplasma de Mangaba do projeto REGEN_11_19_Bancos Ativos de Germoplasma de Fruteiras Nativas aprovado na Chamada 02/2020 - Comissionamento pela Diretoria Executiva Tema: Recursos Genéticos.

Referências

- JIMENEZ, H. J.; MARTINS, L. S. S.; MONTARROYOS, A. V. V.; SILVA JUNIOR, J. F. da; ALZATE MARIN, A. L.; MORAES FILHO, R. M. Genetic diversity of the Neotropical tree *Hancornia speciosa* Gomes in natural populations in Northeastern Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 17749-1775, 2015.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. Doenças. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 179-190.
- LEDO, A. da S.; VIEIRA NETO, R. D.; SILVA JUNIOR, J. F. da; SILVA, A. V. C. da; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MICHEREFF FILHO, M.; JUNQUEIRA, N. T. V. **A cultura da mangaba**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. (Coleção Plantar, 73).

- LIMA, I. L. P.; SCARIOT, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da mangaba**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; ARAÚJO, I. A. de; JUNQUEIRA, N. T. V. Propagação por enxertia. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006a. p. 111-124.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA-JÚNIOR, J. F.; SILVA, D. B. da. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. p. 221-246.
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PACHECO, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002b. (Embrapa Cerrados. Documentos, 65).
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; CHARCHAR, M. J. d'A.; PACHECO, A. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Avaliação de métodos de enxertia em mudas de mangabeira**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002a. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. Propagação por sementes. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006b. p. 91-109.
- PINHEIRO, C. S. R.; MEDEIROS, D. N. de; MACEDO, C. E. C. de; ALLOUFA, M. A. I. Germinação in vitro de mangabeira (*Hancornia Speciosa* Gomez) em diferentes meios de cultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 413-416, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010029452001000200043&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 abr. 2020.
- SOUSA, C. da S.; SILVA, S. A.; COSTA, M. A. P. de C.; DANTAS, A. C. U. L.; FONSECA, A. A.; COSTA, C. A. L. de C.; ALMEIDA, W. A. B. de; PEIXOTO, C. P. Mangaba: perspectivas e potencialidades. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 29-31, 2005.
- VIEIRA NETO, R. D.; SILVA JÚNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. Implantação do pomar e práticas culturais. In: SILVA JUNIOR, J. F. da; LÉDO, A. da S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.153-157.



Foto: Walter Quadros Ribeiro Júnior

CAPÍTULO 15 – Programa de Melhoramento Genético de Pseudocereais (Quinoa e Amaranto)

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético de Pseudoceareais iniciou-se nos anos 1980 com o lançamento dos cultivares BRS Piabiru e BRS Alegria para quinoa e amaranto, respectivamente (Spehar 1988; 2003). Mais recentemente, o programa foi retomado com maior ênfase na quinoa por motivos estratégicos. O Banco de germoplasma de quinoa foi reestruturado e caracterizado agronomicamente e morfológicamente.

Devido à grande variabilidade genética dentro do cultivar lançado de quinoa, em 2010, foram coletadas 980 panículas individuais de uma área de 15 ha, buscando-se a maior variabilidade possível. Estes materiais foram plantados de 2011 a 2014. Nestas avaliações, características descritivas foram avaliadas em busca de materiais homogêneos e produtivos, além de outras características agronômicas. A partir do ano de 2015, os 20 melhores acessos (denominados elites) foram escolhidos tendo como principal critério genótipos com ciclo igual ou inferior ao período de 110 dias, sementes de tamanho superior a 2 mm de diâmetro e de coloração mais clara, ausência de doenças, ausência de acamamento e maior produtividade. Esses materiais foram caracterizados como alimentos funcionais avaliando-se os teores de polifenóis, flavonoides e antocianinas (Silva et al., 2021). A produtividade desses materiais elites em parcelas experimentais, no inverno, e com irrigação tem variado de 5 a 8 t/ha, mas em áreas comerciais tem-se obtido entre 2 e 4 t/ha. Em plantio de safrinha em áreas comerciais, a produtividade tem sido em torno de 1,2 t/ha. Nesse sentido, tem-se testado estes materiais em níveis de irrigação (Jayme-Oliveira et al., 2017; Silva et al., 2021), como observado na Figura 15.1, buscando-se tanto materiais tolerantes à seca para safrinha e materiais eficientes no uso de água para cultivos irrigados. Alguns materiais de amaranto têm mostrado potencial ornamental conforme Figura 15.2.

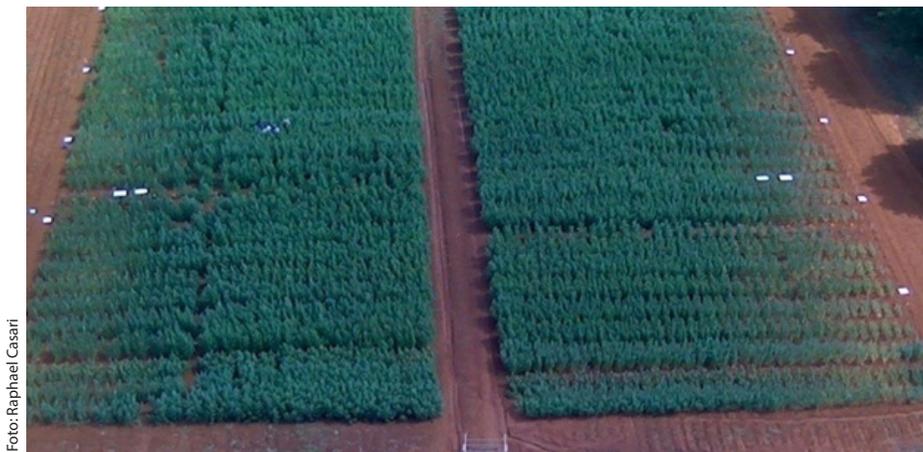


Foto: Raphael Casari

Figura 15.1. Caracterização de materiais de quinoa quanto a tolerância à seca e eficiência no uso de água utilizando-se cultivos em gradiente de água maior no centro e menor nas extremidades.



Foto: Walter Quadros Ribeiro Júnior

Figura 15.2. Materiais de amaranto com potencial ornamental.

Objetivos

Além da produtividade e qualidade comercial e funcional dos grãos, busca-se materiais de porte baixo para se evitar acamamento, tolerância à seca para o plantio de safrinha e eficiência no uso de água para plantios irrigados. No caso específico do amaranto, o desafio é maior porque tem-se observado doenças e pragas em um nível maior e com uma produtividade inferior ao da quinoa (Figura 15.3).



Fotos: Charles Martins de Oliveira

Figura 15.3. Pragas e doenças identificadas em amaranto.
Fonte: Oliveira et al. (2012).

Ambas espécies foram testadas como planta de cobertura em comparação com o milho, incluindo-se a decomposição no solo (Jayme-Oliveira et al., 2017) (Figura 15.4).



Figura 15.4. Quinoa e amaranto como plantas de cobertura, comparadas ao milho.

Estratégias de melhoramento

Tem se utilizado a variabilidade do banco de germoplasma para se selecionar materiais. Pretende-se solicitar novos germoplasmas para enriquecer a coleção e fazer cruzamentos com os genótipos elites. O processo de seleção para tolerância à seca e eficiência no uso de água tem utilizado fenômica como por exemplo câmeras térmicas embarcadas em drones (Figura 15.5).

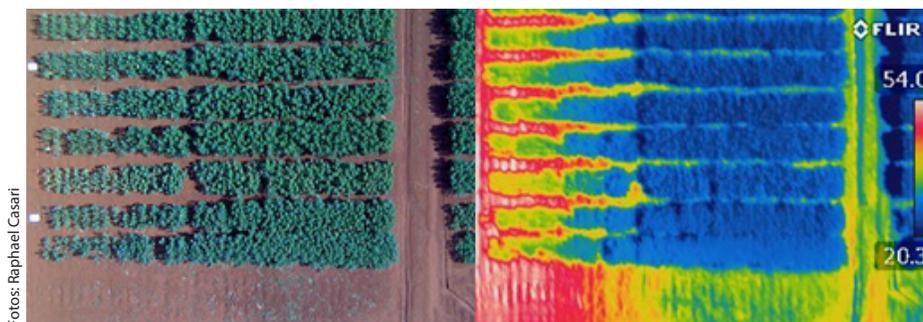


Figura 15.5. Caracterização de genótipos de quinoa em um gradiente de irrigação para tolerância à seca utilizando sensores térmicos embarcados em drones.

Cultivares lançadas e previsão de novos lançamentos

Há diversos materiais altamente produtivos e homogêneos com altíssima produtividade (até 8 t/ha) para lançamento no sistema irrigado e com qualidade funcional. Para o cultivo de safrinha, tem-se, pelo menos, um material tolerante à seca sendo testado em safrinha. Pretende-se lançar materiais para épocas específicas de plantio.

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer o lançamento para épocas específicas de plantio (inverno ou safrinha).

O plantio na safra, no início da estação chuvosa, não é possível devido à chuva na colheita e germinação na panícula (Figura 15.6).

A busca de materiais de porte baixo pode reduzir o acamamento sem a necessidade de se utilizar redutores de crescimento (Figura 15.7).



Fotos: Walter Quadros Ribeiro Júnior

Figura 15.6. Germinação na panícula devido a chuvas na colheita.

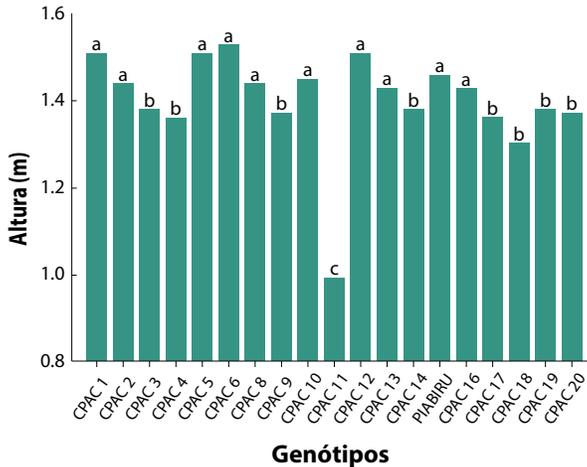


Figura 15.7. Altura de plantas de genótipos de quinoa.
Fonte: Silva et al. (2021).

Importância da continuidade do programa

Os Pseudocereais representam um nicho de mercado em ascensão, com um crescimento substancial não apenas no mercado interno, mas também nas exportações. Além dos grãos, é possível utilizar o óleo, o floco, a farinha e a saponina da quinoa, tanto como componente cosmético quanto como concentrado de proteínas para alimentação funcional. Por isso, o aperfeiçoamento dessas características nas novas cultivares são de extrema importância pois tem alto valor agregado e geram emprego e renda. Finalmente a diversificação do sistema produtivo torna o sistema agrícola mais sustentável.

Referências

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELAITIS, A. Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 561-571, 2017.

OLIVEIRA, C. M. de; RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; CAMARGO, A. J. A. de; FRIZZAS, M. R. First record of damage by an insect pest in a commercial amaranth crop in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 69, n. 4, p. 271-274, 2012.

SILVA, P. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; CELESTINO, S. M. ; SILVA, A. N.; CASARI, R. A. C. N.; SANTANA, C. C.; LIMA, C. A. de ; WILLIANS, T. C. R.; VINSON, C. C. Quinoa for the Brazilian Cerrado: agronomic characteristics of elite genotypes under different water regimes. **Plants**, v. 10, p. 1591, 2021.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. de B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranço BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n. 5, p. 659-663, 2003.



Foto: Léo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição

CAPÍTULO 16 – Programa de Melhoramento Genético da Macaúba

*Marcelo Fideles Braga, Nilton Tadeu Vilela Junqueira,
Leo Duc Há Carson Schwartzaupt da Conceição e
Maria Madalena Rinaldi*

Introdução e histórico

O consumo e a demanda por óleos vegetais têm aumentado no mundo. O mercado global tornou-se cada vez mais dependente do óleo de palma (dendê) e do óleo de soja, responsáveis, respectivamente por 45% e 28% do consumo de óleos vegetais do mundo (Estados Unidos, 2020). Um outro fator altamente relevante tem sido a progressiva implementação, por vários países, de programas de incentivo à produção de óleo vegetal para produção de biodiesel, sendo o Brasil um dos principais produtores desse biocombustível. A macaúba é uma palmeira nativa da região do Cerrado e apresenta-se com grande potencial para produção de óleos vegetais, inclusive por já se apresentar adaptada a principal região agrícola do país (Cerrado). Levantamentos da equipe da Embrapa Cerrados, em populações

nativas, indicam um potencial de produção de óleo de 7 a 8 t/ha. É a espécie com maior potencial produtivo e de geração de coprodutos, e que pode responder à crescente demanda mundial por óleos vegetais e biocombustíveis, compatibilizando a maior oferta de matéria-prima com a necessidade de sustentabilidade e preservação ambiental.

Desde 2007, a Embrapa vem desenvolvendo estudos de prospecção de espécies não tradicionais para a produção de óleo vegetal. Além do aspecto do potencial produtivo e da qualidade do óleo, estes estudos ainda buscaram testar essas espécies em sistemas de produção, gerando conhecimentos importantes nos temas de propagação, espaçamento, adubação e irrigação. Várias espécies foram estudadas, em maior ou menor grau de detalhamento, dentre elas a macaúba (*Acrocomia aculeata*), pinhão manso (*Jatropha curcas*), tucumã (*Astrocaryum* spp.), pequi (*Caryocar brasiliensis*), fevilha (*fevillea* spp.), inajá (*Maximiliana maripa*), baru (*Dipteryx alata*), babaçu (*Orbignya phalerata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*). A macaúba se mostrou a espécie mais promissora, com grande potencial de produção e rendimento de óleo, além de ter uma resposta positiva nos requisitos de propagação, irrigação, espaçamento e adubação.

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart.) é uma palmeira com ampla distribuição nas Américas tropical e subtropical e nativa de diversas regiões brasileiras, sobretudo do cerrado. Destaca-se por possuir várias características de interesse comercial, principalmente no aproveitamento dos frutos e na produção de óleo. Esse recurso da biodiversidade brasileira apresenta diversas aplicações do óleo, como na indústria de cosméticos, fármacos, alimentação, extração mineral e, principalmente, para a produção de biocombustíveis. Ainda em termos energéticos, o endocarpo possui qualidade para produção de carvão e a biomassa de resíduos para a elaboração de bio-óleo. O endocarpo também é uma rica matéria-prima para a produção de carvão ativado, insumo importante na indústria mineral e na indústria de tratamento de afluentes, dentre outras. Os resíduos da extração do óleo (tortas da polpa e amêndoa) apresentam potencial de utilização em ração animal, e a polpa in natura pode ser processada como farinha e utilizada em produtos alimentícios.

A macaúba poderá contribuir para a diversificação das fontes de óleo vegetal para o setor oleoquímico, por ser uma espécie com adaptação a diversos biomas brasileiros e com um elevado potencial de rendimento

por área ocupada, surgindo como potencial fonte oleaginosa e alternativa agrícola para o Centro-Oeste, promovendo impactos positivos para a economia regional. A macaúba é um dos mais promissores recursos genéticos conservados com grande potencial para se tornar um grande produto de inovação no mercado de produção de óleos vegetais, não só pelo seu potencial de produção, mas também por ser uma espécie da rica biodiversidade brasileira.

A equipe da Embrapa Cerrados tem buscado traduzir todo esse potencial em uma base de conhecimento sólida e focada na domesticação dessa espécie. O primeiro passo foi a caracterização de populações naturais (MG, DF, GO, TO), avaliando o potencial produtivo, a caracterização dos frutos e o perfil de ácidos graxos; além da diversidade genética embarcada nessas características. Os estudos evidenciaram as diferenças entre regiões e entre plantas de uma mesma população, sinalizando um forte componente ambiental, mas também indicando que uma considerável parte dessa variabilidade é atribuída à variabilidade genética, mostrando o potencial para ganhos com o melhoramento genético (Pereira et al., 2009; Antoniassi et al., 2013; Conceição et al., 2013; Conceição et al., 2015; Junqueira et al., 2019; Sá et al., 2019). A partir da identificação dos acessos mais promissores das populações naturais avaliadas, foi iniciado o Programa de Melhoramento Genético da Macaúba, tendo como primeira iniciativa a implantação do Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba em 2008 (BAG Macauba EC) na Embrapa Cerrados.

Objetivos

Os objetivos do Programa de Melhoramento Genético incluem o desenvolvimento de cultivares de macaúba para a região do cerrado, por meio de um programa de melhoramento genético focado na obtenção de cultivares com alto rendimento de óleo de polpa, base genética diversificada, baixa incidência de espinhos, baixa abscisão de frutos e menor altura das plantas.

Estratégias de melhoramento

A estratégia de melhoramento inclui quatro fases:

1. Introdução no Banco de Germoplasma de acessos formados por progênies de meios-irmãos obtidas *in situ*, a partir de plantas com características produtivas e morfológicas de interesse (Geração 1).
2. Formação e avaliação de progênies intrapopulacionais dos melhores acessos (Geração 2).
3. Seleção massal e teste de progênies intrapopulacionais e de híbridos interpopulacionais (Geração 3).
4. Lançamento de cultivares.

Principais avanços do programa

O principal avanço do programa, até o momento foi a ampla avaliação de populações naturais e coleta de acessos promissores, o que possibilitou o estabelecimento de um ensaio de competição de cem acessos (1,2 mil plantas) em delineamento experimental, no ano de 2008, na Embrapa Cerrados (Geração 1). Esse ensaio faz parte do Banco Ativo de Germoplasma da Macaúba.

O Banco de Germoplasma da Macaúba, instalado na Embrapa Cerrados, tem em seu acervo 108 acessos, representados em, aproximadamente, 1,4 mil plantas. É um importante ativo tecnológico, que vem sendo conservado, enriquecido e caracterizado, com as suas informações alimentadas no sistema Alelo Vegetal da Embrapa. Um programa de melhoramento bem-sucedido depende da disponibilidade de um germoplasma com acervo alélico de alta diversidade e a sua utilização para a geração de genótipos elite. Nesse sentido, vários trabalhos já foram feitos pela equipe de pesquisa da Embrapa Cerrados (entre 2003 e 2019, 95 publicações, algumas delas listadas nas referências deste artigo), constatando a grande diversidade genética do Banco de Germoplasma de Macaúba, representando um rico acervo de fontes de variação a ser explorada pelo programa de melhoramento.

A Geração 1 tem sido avaliada e caracterizada, mostrando grande diversidade genética e importante potencial produtivo (os vários trabalhos publicados documentam o desempenho inicial desses acessos). A maioria dos acessos já superou a fase de juvenilidade e entrou em fase reprodutiva, permitindo a avaliação da produção de frutos e do rendimento de óleo. Estima-se que até 2024, os melhores acessos da Geração 1 já possam ser

selecionados para formação da Geração 2 e que até 2030, haja a formação da Geração 3 e a implantação dos pontos de experimentação, cobrindo as principais regiões do Cerrado. A expectativa é de que em 2040 a primeira cultivar possa ser lançada, encerrando esse ciclo de melhoramento.

Cultivares lançadas

Nenhuma cultivar lançada. O processo de seleção de cultivares encontra-se na fase de maturidade tecnológica correspondente a Escala TRL 5: número progênes de melhoramento: 10TRL5.

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer estas ações: (a) desenvolver modelos de negócios adequados a cultivares de plantas perenes, de forma a potencializar a captação de investimentos privados, com proporcional participação destes nas receitas provenientes dos royalties dessas cultivares; (b) viabilizar a contratação de mão de obra de campo temporária, para recuperar e dar nova dinâmica ao campo experimental dentro de cada unidade; (c) mais recursos para viagens, pois a região de cobertura experimental é grande e o programa precisa de mais pontos de experimentação para diminuir o tempo de lançamento das cultivares; (d) priorizar a aplicação das receitas de royalties (dos modelos de negócios definidos) para retroalimentar a atividade de pesquisa no desenvolvimento de cultivares; (e) mobilizar a equipe para desenvolver projetos de inovação na área de fitotecnia e fitossanidade, visando preservar e potencializar os ganhos genéticos do programa de melhoramento; (f) investir na prospecção e caracterização de marcadores moleculares com vistas a implementar ferramentas de seleção genômica ampla, aumentando a eficiência do processo de seleção.

Importância da continuidade do programa

Existe uma grande pressão da sociedade pela produção de energia limpa e renovável. Além disso, o acesso à riqueza representada pela nossa biodiversidade natural, é cada vez mais cobrado. A diversificação da matriz de matérias primas para a cadeia produtiva do óleo vegetal, principalmente

com cultivos perenes, é um importante fator de estabilidade estrutural e sustentabilidade para essa cadeia produtiva.

A macaúba vem ao encontro dessas demandas: a produção de biocombustíveis renováveis, a diversificação da matriz de matérias primas, a sustentabilidade e a utilização dos recursos genéticos nativos nos agrossistemas brasileiros.

Como curadora oficial dos recursos genéticos da biodiversidade brasileira e pilar tecnológico do nosso agronegócio, a sociedade brasileira anseia pela atuação decisiva da Embrapa na domesticação e viabilização da macaúba como cultura agrícola.

Referências

ANTONIASI, R.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; MACHADO, A. F. de F.; SANTOS, M. C. da S.; BIZZO, H. R. Ácidos graxos em frutos de macaúbas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 1., 2013, Patos de Minas. **Consolidação da cadeia produtiva**: anais. Brasília, DF: MAPA, 2013.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; ANTONIASI, R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; ROGÉRIO, J. B.; DUART, I. D.; CASTRO, P. R. de; BELLON, G. Potencial da macaúba e avaliação de maciços. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 1., 2013, Patos de Minas. **Consolidação da cadeia produtiva**: anais. Brasília, DF: MAPA, 2013.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; ANTONIASI, R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; MACHADO, A. F. de F.; ROGÉRIO, J. B.; DURARTE, I. D.; BIZZO, H. R. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BIO MED CENTRAL Research Notes**, v. 8, n. 406, 2015.

ESTADOS UNIDOS. USDA. Economic Research Service. **Oil Crops Data: Yearbook Tables**. 2020. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook/>. Acesso: 28 jun. 2020.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; ANTONIASI, R.; BRAGA, M. F.; MALAQUIAS, J. V. **Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2019. (Embrapa Cerrados. Documentos, 354).

PEREIRA, L. M.; ANTONIASI, R.; MESQUITA, D. L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CARGNIN, A. Rendimento em óleo e carotenóides de macaúba (*Acrocomia aculeata*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SBQ, 2009.

SÁ, S. F. de; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. da; RINALDI, M. M.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V. Caracterização físico-oleífera de frutos de genótipos de macaúba conservados em bancos de germoplasma. **Agrotropica**, v. 31, n. 1, p. 37-44, 2019.



Foto: Fellipe Celestino de Castro

CAPÍTULO 17 – Programa de Melhoramento Genético da Estévia

*Fábio Gelape Faleiro
Renato Fernando Amábile*

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético da estévia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) realizado pela Embrapa e parceiros iniciou em 2004 com a implantação do primeiro Banco Ativo de Germoplasma de Estévia da Embrapa Cerrados. Em 2004, foi realizado um projeto piloto com alguns avanços obtidos na conservação, caracterização e uso de recursos genéticos, na domesticação e melhoramento genético (Faleiro et al., 2005). Estudos exploratórios sobre produção de mudas, respostas a fotoperíodo, resistência a pragas e doenças e avaliação de recursos genéticos foram

conduzidos na Embrapa Cerrados (Faleiro et al., 2005). Para a finalização e refinamento de tais estudos foi iniciada uma parceria entre a Embrapa e a Steviafarma Ltda. com resultados publicados por Lima Filho et al. (2004).

A estévia é considerada uma alternativa para a diversificação das atividades agrícolas na região do Cerrado. A alta demanda de estévia pela indústria está em evidência, decorrente de suas propriedades edulcorantes naturais como o esteviol, o qual é uma alternativa para a substituição da sacarose em todo o mundo. Esse carecimento industrial associa-se ao aumento mundial e constante das desordens metabólicas, como as prevalentes diabetes tipo II e a obesidade (Tavarini et al., 2018).

Pelo fato da estévia ser uma planta nativa do Brasil, para realizar as ações de pesquisa e desenvolvimento, foi necessário atender à legislação relacionada ao acesso aos recursos genéticos. Para atender à Lei nº 13.123, de 2015 e o Decreto nº 8.772, de 2016, foi feito o cadastro dos projetos e atividades com estévia no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) com o número A6E37A9. Tais atividades permitiram a ampliação da base genética do Banco Ativo de Germoplasma e a realização de estudos sobre a variabilidade genética, morfológica e agrônômica e seleção de genótipos elite de *Stevia rebaudiana* visando ao desenvolvimento de cultivares adaptadas para o Cerrado (Castro, 2020).

Em 2021, foi estabelecida uma nova cooperação técnica entre a Embrapa Cerrados e a empresa Stevia Soul e Syn Biotec Ltda. com o objetivo de desenvolver a cultura da estévia com foco na geração de processo produtivo de alto desempenho agrônômico com vistas ao rendimento industrial, notadamente para a região do Cerrado.

Objetivos

Caracterizar e utilizar o germoplasma de estévia em programas de melhoramento genético (PMG) visando ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas à região do Cerrado. O foco do programa de melhoramento genético é o desenvolvimento de cultivares com alta produção de fitomassa, adaptadas à região do Cerrado, com fotoperíodo longo e alto grau de perfilhamento, resistência a pragas e doenças, maior qualidade de matéria prima e maior longevidade e vigor. Além do desenvolvimento das

cultivares, também é objetivo do grupo de pesquisa, trabalhar a genética e fitotecnia das cultivares propagadas vegetativamente e por sementes para a geração de emprego e renda na região do Cerrado.

Estratégias de melhoramento

Melhoramento genético convencional (seleção massal, seleção recorrente e seleção clonal) auxiliado por ferramentas biotecnológicas como os marcadores moleculares do DNA. O PMG utiliza análises genômicas com base em marcadores moleculares do DNA (RAPD e ISSR) em diferentes etapas do PMG (caracterização de recursos genéticos, melhoramento e pós-melhoramento) para aumentar a eficiência e diminuir o tempo necessário para o desenvolvimento das cultivares.

Previsão de lançamento de novas cultivares

2025: Cultivar de estévia propagada por sementes adaptada às condições de cultivo no Cerrado.

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer a intensificação de ações de pós-melhoramento (validação das cultivares em diferentes sistemas de produção e regiões brasileiras, agilidade nos processos de registro, proteção e licenciamento de empresas para produção de material propagativo, ações de comunicação e transferência de tecnologia).

Importância da continuidade do programa

O PMG da estévia deve ter continuidade porque é embasada em uma demanda real do setor produtivo relacionada ao desenvolvimento da cultura na região do Cerrado. O estabelecimento do contrato de cooperação técnica e financeira com a empresa Stevia Soul e Syn Biotech Ltda. vai permitir um avanço nos trabalhos de seleção e melhoramento genético da estévia tendo em vista seu cultivo na região do Cerrado. Nos próximos anos, está previsto o lançamento da primeira cultivar de estévia para o Cerrado

Brasileiro. Cultivares geneticamente superiores e outros ativos tecnológicos vão ajudar a resolver importantes problemas e desafios de inovação de diferentes portfólios e vão promover importantes impactos econômicos e sociais em diferentes estados e regiões do Brasil.

Referências

- CASTRO, F. C. **Variabilidade genética, morfológica e agrônômica e seleção de genótipos elite de Stevia rebaudiana visando ao desenvolvimento de cultivares adaptadas para o Cerrado**. 2020 Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília.
- FALEIRO, F. G.; SPEHAR, C. R.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; BELLON, G.; BARROS, A. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SILVA, L. C. **Variabilidade em população de Stevia rebaudiana como subsídio para a seleção e melhoramento genético**. Planaltina: DF: Embrapa Cerrados, 2005. 1 folder. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/563945/1/p200548.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- LIMA FILHO, O. F. de; VALOIS, A. C. C.; LUCAS, Z. M. (Ed.). **Estévia**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Steviafarma Industrial S/A., 2004. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de Produção, 5).
- TAVARINI, S.; PASSERA, B.; ANGELINI, L. G. Crop and Steviol Glycoside Improvement in Stevia by Breeding. In: WÖLWER-RIECK, U. (Ed.). **Steviol glycosides: cultivation, processing, analysis and applications in food**. Washington: Royal Society of Chemistry, 2018. cap. 1, p. 1-31.



Foto: Marco Aurélio Ferrante



Foto: Cláudio Rosso



CAPÍTULO 18 – Programa de Melhoramento Genético de Brachiaria: participação da Embrapa Cerrados

Gustavo José Braga, Allan Kardec Braga Ramos, Marco Aurélio Caldas de Pinho Pessoa-Filho, Francisco Duarte Fernandes e Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Introdução e histórico

As forrageiras mais cultivadas em pastagens na porção tropical do território brasileiro pertencem ao gênero *Brachiaria* (atualmente classificadas como gênero *Urochloa*) — plantas nativas da África. A introdução de diferentes espécies de braquiária no Cerrado a partir da década de 1970 promoveu um aumento significativo na produtividade da pecuária brasileira. Com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) na década de 1970, deu-se início ao programa de melhoramento genético de braquiária, apostando na elevada adaptação dessa forragei-

ra às condições edafoclimáticas do Brasil Central. Desde então foram estruturados programas de seleção e melhoramento de espécies do gênero *Brachiaria* para o uso comercial de novas cultivares, com a Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS) como o líder do programa e a Embrapa Cerrados no apoio (Planaltina, DF).

Até o início da década de 1980, grande parte das pastagens no Brasil era cultivada com forrageiras selecionadas nas condições da porção tropical do território australiano (e.g. *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria ruziziensis* cv. Kennedy) e suscetíveis às cigarrinhas das pastagens. Nesse contexto, os danos provocados pelas cigarrinhas se tornaram um sério problema para a pecuária brasileira devido à indisponibilidade de cultivares resistentes a essa praga. Em 1984, como resultado do esforço conjunto da Embrapa Gado de Corte e da Embrapa Cerrados, foi lançada a cultivar Marandu (i.e., braquiarão, brizantão) da espécie *Brachiaria brizantha*, originária de germoplasma introduzido em Ibirarema, SP (Nunes et al., 1984). Apresentando alta resistência à cigarrinha das pastagens, aliada a uma elevada produtividade e versatilidade de uso, o capim Marandu foi amplamente adotado, e ainda permanece como uma das forrageiras mais cultivadas pelos pecuaristas. Ao longo dos anos, a falta de reposição de nutrientes causou a degradação de grande parte das pastagens cultivadas com capim Marandu. Associado a isso, o aparecimento da síndrome da morte súbita do braquiarão (Pedreira et al., 2014), além da sua suscetibilidade às cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, começou a preocupar os profissionais da Embrapa envolvidos no melhoramento de espécies forrageiras. A diversificação do uso de forrageiras passou então a ser um dos objetivos perseguidos pela Embrapa, visando diminuir a dependência gerada com o uso praticamente exclusivo do capim Marandu.

A partir da década de 2000, novas cultivares de *B. brizantha* foram selecionadas tendo como um dos apelos a diversificação das pastagens. A chegada das cultivares Xaraés, Arapoty, Capiporã, BRS Piatã e BRS Paiguás foi uma tentativa de ampliar a oferta de forrageiras ao pecuarista, que a partir de então passou a contar com mais opções para compor o sistema de produção. O capim Xaraés, de produção mais elevada que o capim Marandu e de florescimento tardio, e o capim BRS Piatã, recomendado para uso em sistemas integrados, são exemplos de cultivares que possuem peculiaridades que as tornaram bastante demandadas atualmente. A partir de

2001, a Embrapa estabeleceu parceria com a Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto), que reúne os principais produtores de sementes de forrageiras tropicais, conferindo ao programa de melhoramento genético de braquiária a agilidade necessária para o atendimento das demandas crescentes do setor produtivo.

Em 1987, a Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS) e a Embrapa Cerrados (Planaltina, DF) recebem cerca de 340 acessos de 12 espécies do gênero *Brachiaria* (Pizarro et al., 1996) e o programa de melhoramento inicia um esquema de avaliação sistemática, sequencial e organizada em redes de pesquisa, cuja seleção de cultivares teve como principais objetivos a adaptação a condições de solo e clima, a resistência a pragas e doenças e a alta produtividade de forragem de boa qualidade (Karia; Andrade, 1996). A seleção, a partir da variabilidade natural nessas coleções, foi o principal método de desenvolvimento de cultivares, utilizado para forrageiras tropicais no Brasil. Esse método, apesar de mais simples e rápido, é finito, visto que se baseia na avaliação da capacidade adaptativa de materiais coletados na natureza (Valle et al, 2009). O melhoramento de forrageiras via recombinação genética passa, portanto, a se constituir na estratégia atual de geração de novas cultivares. Como resultado dessa estratégia, em 2019, foi o lançamento da primeira cultivar híbrida de braquiária, a cultivar BRS Ipyporã (*Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis*), cuja principal característica é sua resistência às principais cigarrinhas das pastagens, incluindo as do gênero *Mahanarva*. Atento às novas demandas de pecuaristas e de agricultores, adeptos de sistemas integrados de cultivo, o melhoramento da braquiária necessariamente deverá levar em conta essas novas possibilidades de uso, inclusive como planta de cobertura.

Devido à sua atuação histórica no desenvolvimento de cultivares de braquiária, sua localização estratégica no Cerrado brasileiro e seu corpo técnico multidisciplinar, a Embrapa Cerrados tem atuado na seleção de híbridos intraespecíficos (i.e. *B. decumbens*), híbridos interespecíficos (*B. brizantha* × *B. ruziziensis*), no melhoramento de populações de *B. ruziziensis* para o Cerrado brasileiro e no desenvolvimento de recursos genômicos avançados para apoio ao programa de melhoramento do gênero, com destaque para a montagem do genoma de *B. ruziziensis* (Pessoa-Filho et al., 2019). A participação em redes de avaliação agrônômica, o potencial de produção de sementes, o desempenho animal, o manejo do pastejo, a

resposta à fertilidade do solo, a introdução de materiais promissores em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), e mais recentemente o desenvolvimento de painéis de genotipagem de marcadores SNPs com foco na aplicação futura de seleção genômica, constituem as principais atividades desenvolvidas pela unidade, em colaboração com as demais unidades da Embrapa junto ao programa de melhoramento genético do gênero *Brachiaria*, liderado pela Embrapa Gado de Corte.

Objetivos

Desenvolver cultivares de *Brachiaria* com diferenciais quantitativos (produção de forragem, valor nutritivo e produção de sementes) e/ou qualitativos (resistência e tolerância a estresses bióticos e abióticos) em relação às cultivares disponíveis no mercado, visando à sustentabilidade e aumento da produtividade agropecuária.

Estratégias de melhoramento

Melhoramento convencional (seleção a partir da variabilidade natural de acessos em banco de germoplasma, cruzamentos dialélicos diversos, seleção recorrente com base na capacidade específica de combinação e seleção recorrente intrapopulacional) e uso de ferramentas biotecnológicas (seleção assistida por marcadores moleculares e transgênicos) constituem as estratégias de melhoramento.

Como aumentar a eficiência do programa?

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, busca-se, por meio da seleção de cultivares com maior produção de sementes, maior produtividade de forragem e maior resistência à cigarrinha-mahanarva; de cultivares destinadas ao diferimento; e cultivares para áreas com drenagem deficiente, bem como a introdução na base do programa os principais focos de seleção (sanidade, sementes e estresses), a ampliação da participação e relevância da experimentação de apoio (sanidade, solos, sementes, etc.) para a obtenção de cultivares mais especializados, especialmente para sistemas agrícolas ou integrados.

Importância da continuidade do programa

As principais espécies forrageiras cultivadas no Cerrado pertencem ao gênero *Brachiaria*, que ao longo dos últimos 50 anos tem se mostrado uma planta muito bem adaptada às condições edafoclimáticas do Cerrado. O melhoramento do gênero e o consequente lançamento de novas cultivares constituem uma importante ferramenta para a obtenção e o uso de plantas mais resistentes a pragas e a doenças, a diversificação dos cultivos e a intensificação sustentável da produção pecuária e agrícola do Cerrado. A dimensão do bioma e a diversidade de ambientes e sistemas de produção demandam maiores equipes e segmentação da atuação e no perfil das cultivares, com ações e enfoques exclusivos da equipe da Embrapa Cerrados.

Referências

- KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de. Avaliação preliminar de espécies forrageiras no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados: perspectivas futuras. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.471-475.
- NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. de O.; GOMES, D. T. **Brachiaria brizantha cv. marandu**. Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPQC, 1984. (EMBRAPA-CNPQC. Documentos, 21).
- PEDREIRA, B. C. e; PITTA, R. M.; ANDRADE, C. M. S. de; DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens de Braquiarião (*Brachiaria brizantha cv. Marandu*) no Estado de Mato Grosso**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2014. (Embrapa Agrossilvipastoril. Documentos, 2).
- PESSOA FILHO, M. A. C. de P.; SOUZA SOBRINHO, F. de; FRAGOSO, R. da R.; SILVA JUNIOR, O. B. da; FERREIRA, M. E. A phased diploid genome assembly for the forage grass *Urochloa ruziziensis* based on single-molecule real-time sequencing. In: PLANT AND ANIMAL GENOME CONFERENCE, 27., 2019, San Diego. **Proceedings...** Livingston, NJ: Scherago, 2019. Plant and Animal Genome XXVII Conference (PAG).
- PIZARRO, E. A.; VALLE, C. B. do; KELLER-GREIN, G.; SCHULTZE-KRAFT, R.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical America - Savannas. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Brasília: EMBRAPA-CNPQC, 1996. p.225-243. (CIAT, Publication, 259).
- VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.





Foto: Rufino, R. R.

CAPÍTULO 19 – Programa de Melhoramento Genético da Soja para o Centro-Norte do Brasil

*André Ferreira Pereira, Sebastião Pedro da Silva Neto,
Geraldo Estevam de Souza Carneiro e Sérgio Abud da Silva*

Introdução e histórico

A criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, atual Embrapa Cerrados, em 1975, foi de fundamental importância para o desenvolvimento da cultura da soja nas regiões produtoras localizadas no bioma Cerrados. A relevância das pesquisas realizadas na Embrapa Cerrados deu-se em três frentes principais: na correção da fertilidade dos solos, na seleção de estirpes de bactérias fixadoras de Nitrogênio da espécie

Bradyrhizobium japonicum e no desenvolvimento contínuo de novas cultivares de soja por meio do melhoramento genético voltado às condições agroclimáticas do Cerrado.

Os trabalhos com a cultura da soja na Embrapa Cerrados intensificaram-se no final de 1975 com os mesmos objetivos, mas com maior amplitude, capacidade de teste e apoio da equipe de melhoramento da Embrapa Soja, unidade que coordena a pesquisa dessa leguminosa no Brasil. Em decorrência da sua localização estratégica na região Tropical, a Embrapa Cerrados sempre testou material genético, como *bulks* oriundos da Embrapa Soja, a qual sempre alimentou um grande espírito de equipe entre todos os pesquisadores de soja da Embrapa e do Brasil. Já naquela época, a Embrapa, por meio do Embrapa Cerrados, teve a oportunidade de experimentar os primeiros retornos dos esforços despendidos, pois identificou, entre centenas de linhagens oriundas da Embrapa Soja, a linhagem do qual resultou a cultivar Doko. Esta cultivar teve grande relevância para a região Tropical do Brasil, visto que permitiu, na época, a abertura de novas áreas, de forma econômica, pois o retorno do capital investido era mais rápido e mais seguro, inclusive no que se refere a menores danos ao meio ambiente. Esse foi um passo decisivo na viabilização da cultura da soja e, conseqüentemente, no estabelecimento do agronegócio na região Tropical do país.

No contexto atual, o Brasil reforça sua posição maior produtor mundial de soja e estas conquistas mostram a importância estratégica do agronegócio para a estabilidade econômica brasileira mesmo sob um ambiente de forte competitividade internacional. A disponibilidade de tecnologias para a produção de soja foi de vital importância para que o Brasil atingisse essa posição de destaque. Os resultados das pesquisas desenvolvidas pela Embrapa, várias outras instituições de pesquisa e instituições parceiras contribuíram de forma decisiva para que as lavouras brasileiras alcançassem os níveis atuais de eficiência e competitividade com sustentabilidade. Entretanto, alguns fatores como a contínua introdução de novos transgênicos em soja, o incremento de áreas com duas e até três safras anuais e o agravamento de problemas fitossanitários envolvendo pragas, doenças e plantas daninhas, têm promovido mudanças significativas nos sistemas de produção e criado novos cenários de instabilidade os quais precisam ser rapidamente absorvidos e solucionados pela pesquisa.

O monocultivo da soja em grandes extensões de área e durante longo período de tempo, inclusive com semeadura de soja sobre soja tem acelerado problemas como doenças de um modo geral, com destaque para a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) cujo controle químico aumentou o custo de produção e as perdas de rendimento desde seu surgimento em 2001. O esforço do programa de melhoramento busca manter as soluções genéticas a doenças tradicionais tais como pústula bacteriana, mancha olho de rã e cancro da haste. O potencial de danos e a existência de várias raças fazem do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*, NCS) uma das doenças mais importantes da cultura especialmente na parte centro-norte do Brasil e embora já existam algumas cultivares resistentes, a demanda atual é por cultivares com resistência a várias raças de NCS. Já os nematoides formadores de galhas têm ocorrido de forma generalizada em todas as regiões sojícolas e a resistência genética tem sido a principal ferramenta para manter a produtividade em áreas onde o agricultor precisa conviver com o problema, fazendo com que este caráter seja altamente desejável nas novas cultivares. Outros nematoides como o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) tem representado problema importante nas diversas regiões, mas ainda não conta com fontes confiáveis de resistência genética, enquanto o nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) tem aumentado sua importância nas regiões de produção e conta com diversas fontes de resistência genética para uso no desenvolvimento de novas cultivares resistentes. Nos casos onde a resistência genética não é efetiva, tem-se priorizados outros caracteres como o ciclo, a adaptação para semeaduras antecipadas e a arquitetura de planta que possam favorecer o manejo da doença dentro do sistema de produção. Para cada nova cultivar lançada é feita a caracterização quanto às principais doenças, o que ajuda no posicionamento desses materiais para as regiões de ocorrência de cada doença.

A mosca branca e a lagarta *Helicoverpa armigera*, foram classificadas como espécies de difícil controle e que podem ameaçar o constante aumento de produtividade da soja. A Embrapa tem investido em programas específicos de resistência a insetos-praga da soja gerando germoplasma com variabilidade genética a ser explorada com as pragas tradicionais e futuras sem prejuízo da produtividade.

Essa estratégia do melhoramento convencional, aliada às tecnologias transgênicas como a do BT, podem trazer soluções mais sustentáveis para os agricultores. Novas tecnologias, como a soja BTRR2 tolerante ao glifosato e resistente a insetos já chegaram ao setor produtivo. Os programas já estabelecidos são apenas exemplos do potencial para inovação do programa e devem estar atrelados a todos os outros caracteres de importância ao setor produtivo. No contexto, a disponibilidade de soluções de pesquisa e desenvolvimento para a cultura da soja e o desenvolvimento de cultivares representam contribuições importantes. As cultivares, que incorporam em seu genoma os genes capazes de expressar alta produtividade, adaptação ampla e resistência e/ou tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos, geralmente representam a mais significativa contribuição à eficiência de todo o setor produtivo.

Objetivo

O objetivo principal do Programa de Melhoramento Genético (PMG) é indicar novas cultivares de soja, com potencial para manter os ganhos genéticos anuais de produtividade (estimado entre 1,2% e 1,8%) e dar estabilidade ao setor produtivo, assegurando a região Centro-Norte do Brasil, a competitividade e a sustentabilidade da produção de soja e de toda a cadeia produtiva.

Este trabalho também promove a manutenção da variabilidade genética da soja brasileira para manter a continuidade de ganhos futuros no programa de melhoramento genético para a região Centro-Norte do Brasil. O intuito, portanto, é a indicação de novas cultivares mais produtivas, estáveis e com defensividade, ou seja, cultivares mais resistentes e/ou tolerantes a doenças e pragas, reduzindo-se a necessidade de uso de defensivos nos plantios comerciais.

Principais resultados e produtos tecnológicos

O programa de melhoramento de soja da parceria Embrapa e Fundação Bahia e Fundação Cerrados, sempre busca atender às demandas do setor produtivo por cultivares de alto potencial produtivo, adaptadas às diversas condições regionais, destacando o desenvolvimento de cultivares resistentes

aos nematoides de galhas, resistentes ao nematoide de cisto, tolerantes ao nematoide das lesões radiculares e tolerantes aos veranicos (Tabela 19.1).

Tabela 19.1. Características de algumas cultivares de soja desenvolvidas pela Embrapa Cerrados.

Cultivar	Tecnologia	Ciclo médio (dias)	População final Fertilidade (plantas/ha) ⁽¹⁾			Indicação (região edafoclimática e estado)	Característica
			Baixa	Média	Alta		
BRS 6780	Convencional	90 a 98	400.000	380.000	360.000	301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO)	Convencional.
BRS 6980	Convencional	95 a 100	400.000	380.000	360.000	301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO)	Convencional.
BRS 7280RR	RR	96 a 102	400.000	380.000	360.000	301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO)	Resistência à ferrugem-asiática-da-soja. Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> , resistência a nematoide do cisto da soja - NCS (raças 3, 4, 6, 9, 10 e 14) e baixo fator de reprodução à <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
BRS 7380RR	RR	98 a 105	240.000	220.000	200.000	301 (GO), 303 (GO e MG), 304 (GO, MG e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> , NCS (raças 1 e 3).
BRS 7480RR	RR	98 a 108	260.000	240.000	220.000	301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO, MT) e 402 (MT)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> .
BRS 7481	Convencional	99 a 108	260.000	240.000	220.000	301 (GO), 304 (DF e GO), 401 (MT), 402 (MT) e 403 (MT)	Resistência a NCS (raça 3).
BRS 7580	Convencional	100 a 110	260.000	240.000	220.000	303 (GO, MG), 304 (DF e GO)	Resistência <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; tolerância ao vírus da necrose da haste; bom desempenho em solos arenosos.
BRS 7680RR	RR	100 a 114	260.000	240.000	220.000	301 (GO), 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT)	Resistência a <i>Meloidogyne incognita</i> .
BRS 7780IPRO	Intacta	102 a 116	300.000	280.000	240.000	301 (GO), 303 (GO e MG), 304 (GO, MG e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT) e 403 (MT)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> , NCS (raças 1,3 e 5) e baixo fator de reprodução à <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
BRS 7980	Convencional	104 a 120	280.000	240.000	220.000	301 (GO), 303 (MG, GO), 304 (GO, DF e MG), 401 (GO, MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 503 (RR)	Resistência a <i>M. javanica</i> e hábito de crescimento semideterminado.
BRS 8381	Convencional	112 a 130	280.000	240.000	220.000	301 (GO), 303 (MG, GO), 304 (GO, DF e MG), 401 (GO, MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 503 (RR)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; tolerância ao vírus da necrose da haste.
BRS 8180RR	RR	106 a 122	280.000	240.000	220.000	304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT), 403 (MT) e 405 (BA)	

Continua...

Tabela 19.1. Continuação.

Cultivar	Tecnologia	Ciclo médio (dias)	População final Fertilidade (plantas/ha) ⁽¹⁾			Indicação (região edafoclimática e estado)	Característica
			Baixa	Média	Alta		
BRS 8280RR	RR	108 a 126	280.000	240.000	220.000	303 (GO, MG), 304 (GO e DF), 401 (GO e MT), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (MA)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> .
BRS 8781RR	RR	116 a 136	280.000	240.000	220.000	402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (MA) e 503 (RR)	Resistência a <i>M. incognita</i> e <i>javanica</i> ; resistência ao vírus do mosaico da soja
BRS 8980IPRO	Intacta	129 a 136	200.000	180.000	160.000	304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR)	Intacta; porte alto e ciclo tardio; tolerante aos veranicos.
BRS 9280RR	RR	138 a 145	220.000	200.000	160.000	304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR)	Bom desempenho em áreas com <i>Pratylenchus brachyurus</i> .
BRS 9180IPRO	Intacta	135 a 145	200.000	180.000	160.000	304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR)	Intacta; porte alto e ciclo tardio; tolerante aos veranicos.
BRS 9383IPRO	Intacta	140 a 148	200.000	180.000	160.000	304 (GO e DF), 402 (MT), 403 (MT), 405 (BA), 501 (TO e PI) e 503 (RR)	Intacta; porte alto e ciclo tardio; tolerante aos veranicos.

⁽¹⁾ Considerar também altitude e latitude da região de produção.

Pode-se citar como exemplo de cultivar desenvolvida no âmbito das parcerias da Embrapa e Fundação Bahia e Fundação Cerrados, a variedade BRS 8381 (Figura 19.1), que apresenta altíssimo potencial produtivo com estabilidade e hábito de crescimento ereto, arquitetura arejada, auxiliando no controle das principais doenças, tais como ferrugem, mofo branco, além das lagartas. Pertence ao grupo de maturidade relativa 8.3. Por ser convencional, possui vantagem de receber prêmios no preço de comercialização dos grãos nos mercados de Soja Livre.



Foto: Breno Lobato

Figura 19.1. Cultivar de Soja BRS 8381 desenvolvida pela Embrapa Cerrados e seus parceiros Fundação Bahia e Fundação Cerrados.



Foto: Tadeu Gracioli Guimarães

CAPÍTULO 20 – Caracterização de Germoplasma e Cultivares de Abacate para Sistema de Produção no Cerrado

Tadeu Gracioli Guimarães

Introdução e histórico

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é uma espécie arbórea polimorfa, diploide ($2n = 24$), pertencente à família Lauraceae. É originária de uma ampla zona geográfica da Mesoamérica, que se estende das serras centrais do México e da Guatemala, até a costa do Pacífico da América Central (Knight Junior, 2007).

A espécie encontra-se organizada em três raças hortícolas, cada uma correspondente ao seu local de origem. A raça Mexicana, *P. americana* var. *drymifolia*, é originária das terras altas do sul do México, enquanto que a raça Guatemalense, *P. americana* var. *guatemalensis*, é originária das serras do centro da Guatemala. Por fim, a raça Antilhana, *P. americana* var. *americana*, é originária das terras baixas da costa do Pacífico, em região que se estende desde a Guatemala até o Panamá. Como resultado da extensa distribuição do germoplasma do abacateiro, ocorreram muitos cruzamentos inter-raciais, a tal ponto que as principais cultivares de importância econômica, tanto em áreas tropicais quanto subtropicais, são resultado da hibridação entre as três raças, e cada cultivar, de acordo com a sua genealogia, possuem exigências climáticas distintas para o seu cultivo (Scora et al., 2007). A biologia floral do abacateiro é bastante singular. Suas flores são hermafroditas, porém, apresentam comportamento de dicogamia protogínica, em que a maturidade do pistilo e a receptividade do estigma (estádio feminino) antecedem a abertura das anteras e a liberação do pólen (estádio masculino). As flores abrem-se duas vezes, e estas aberturas estão separadas por pelo menos uma noite de diferença (Figura 20.1).



Figura 20.1. Representação esquemática da biologia floral do abacateiro.

Fonte: Adaptado de Gazit e Degani (2007).

De acordo com os turnos de abertura/fechamento das flores e do grau de maturidade dos respectivos órgãos florais, as cultivares de abacateiro são classificadas em dois grupos florais: grupo A e grupo B. No grupo A, a flor se abre de manhã com seu órgão feminino apto e receptivo (fase feminina) e se fecha em torno do meio-dia. A segunda abertura ocorre na tarde do dia seguinte, quando os órgãos masculinos se encontram aptos a liberar pólen (fase masculina). No grupo B, ocorre comportamento inverso; a fase feminina ocorre à tarde e, a masculina, na manhã seguinte (Gazit; Degani, 2007).

O abacateiro foi introduzido no Brasil em 1809, a partir de mudas da raça Antilhana provenientes da Guiana Francesa. Com a dispersão destes materiais pelo país, foram obtidas novas cultivares a partir de seleções locais, e, com a introdução de materiais da raça Guatemalense, ocorreu cruzamentos entre estas raças, originando, assim, as principais cultivares do Brasil (Donadio, 1995).

As cultivares de abacateiro no Brasil são classificadas em dois grupos distintos. O primeiro é constituído pelas cultivares de abacate tropical, que são oriundos da raça Antilhana e de seus cruzamentos com a raça Guatemalense, e são popularmente conhecidos como abacate-manteiga. Possuem frutos grandes, de baixo ou médio teor de óleo, e são, geralmente, precoces ou de meia-estação, melhor adaptadas ao cultivo em regiões de clima tropical. As principais cultivares deste grupo são: Geada, Quintal, Fortuna, Margarida, Ouro-Verde e Breda, além de inúmeras outras provenientes da Florida, EUA como Pollock, Simmonds, Choquette. O segundo grupo é representado pelas cultivares de abacate subtropical ou avocado, e são oriundos da raça Mexicana ou de cruzamentos com a raça Guatemalense. Possuem frutos de tamanho pequeno a médio e possuem a casca enrugada e alto conteúdo de óleo. Geralmente são de ciclo médio a tardio e possuem melhor adaptação aos climas tropical de altitude e subtropical. A principal cultivar deste grupo é o Hass, proveniente da Califórnia, EUA, seguido pelo Fuerte, oriundo do México (Teixeira, 1995). Os frutos de avocado se destinam predominantemente ao mercado de exportação, ainda que venha ocorrendo maior procura no mercado interno (Figura 20.2).



Fotos: Tadeu Gracioli Guimarães

Figura 20.2. Frutos de cultivares de abacate. Da esquerda para a direita e de cima pra baixo: Gead, Quintal, Fortuna, Choquette, Margarida, Fuerte, Hass e Breda.

Ações de caracterização e seleção de genótipos

A equipe técnica da Embrapa Cerrados desenvolve trabalhos de pesquisa com a cultura do abacate desde a década de 1970, quando se iniciou a introdução de variedades comerciais do Brasil e de diversos países do mundo para a criação do Banco Ativo de Germoplasma de Abacate da Embrapa. Essa coleção está localizada na unidade da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF e possui, atualmente, cerca de 30 acessos e inúmeros materiais híbridos, sendo mantida em condições de cultivo a campo (Figura 20.3).

O BAG possui três áreas ou setores de cultivo e manutenção dos acessos (setores S1, S2 e S3), e estes foram instalados entre os anos das décadas de 1970-1980 (S1), em 2011 (S2) e em 2017 (S3), e cada acesso possui pelo menos três exemplares. O S1 sempre foi mantido em condições de sequeiro, enquanto que S2 e S3 são conduzidas com irrigação por microaspersão desde a sua respectiva instalação a campo. No S1, o espaçamento entre plantas é de 10 x 10 m, enquanto no S2, é de 6,0 x 5,0 m e, no S3, é de 7 x 5 m. Os acessos têm sido mantidos e caracterizados anualmente por meio de avalia-

ções do ciclo fenológico (florescimento, frutificação e colheita), características físicas de frutos (massas de casca, caroço e polpa) e produtividade.



Foto: Tadeu Gracioli Guimaraes

Figura 20.3. Vista do Banco Ativo de Germoplasma de Abacate da Embrapa, mantido na Embrapa Cerrados.

Referências

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação**: aspectos técnicos da produção. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; MAARA-SDR, 1995. (Publicações técnicas FRUPEX, 2).

GAZIT, S.; DEGANI, C. Biología reproductiva. In: WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (Ed.). **El palto**: botánica, producción y usos. Valparaiso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaiso, 2007. p. 103-131.

KNIGHT JUNIOR, R. J. Historia, distribución y usos. In: WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (Ed.). **El palto**: botánica, producción y usos. Valparaiso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaiso, 2007. p. 12-24.

SCORA, R. W.; WOLSTENHOLME, B. N.; LAVI, U. Taxonomía y botánica. In: WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (Ed.). **El palto**: botánica, producción y usos. Valparaiso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaiso, 2007. p. 25-45.

TEIXEIRA, C. G. Cultura. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacate**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas, 1995. (Frutas Tropicais, 8).



Foto: Ailton Vitor Pereira

CAPÍTULO 21 – Caracterização e uso de recursos genéticos de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess)

José Teodoro de Melo, Nilton Tadeu Vilela Junqueira, Ailton Vitor Pereira e Elaine Botelho Carvalho Pereira

Introdução e histórico

O Banco Ativo de Germoplasma de pequi foi estabelecido a partir de 1999, no campo experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. O plantio foi feito com mudas oriundas de sementes de pequizeiros comuns coletados na região, em Mato Grosso (Vila Rica, Santa Terezinha e Canarana), no Tocantins (Pequizeiro e Lagoa da Confusão), em Minas Gerais (Montes Claros e Ubaí), e de pequizeiros anões coletados no município de Ingaí,

MG. O espaçamento de plantio foi de 4 x 2,5 m para os pequizeiros anões e de 8 x 3 m para os pequizeiros comuns de porte maior. Os acessos mais promissores foram caracterizados e avaliados, mediante autorização concedida pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético.

Principais resultados

Com base nas avaliações, constatou-se o potencial dos pequizeiros anões CPAC-PQ-AN-01 e CPAC-PQ-AN-03 como plantas ornamentais nas condições do Distrito Federal. Ambos os genótipos mantiveram o porte reduzido e a tendência ao florescimento ao longo do ano, constituindo boas alternativas para posicionamento no mercado de plantas ornamentais, sendo selecionados para submissão futura à etapa de Desenvolvimento Tecnológico.

Em comparação com os pequizeiros comuns, os pequizeiros anões mostraram-se mais promissores, por permitirem o plantio em espaçamento menor (4,0 x 2,5 m) e densidade maior (mil plantas por hectare), com produtividade que pode ultrapassar 20 t/h de frutos. Porém, em geral, os frutos são deiscentes, os caroços são menores e a polpa é mais fina em relação aos pequizeiros comuns. O porte reduzido, o florescimento prolongado e o elevado potencial produtivo de alguns acessos são características importantes para direcionar os futuros cruzamentos e o melhoramento genético da espécie.

Os estudos mostraram que o pequizeiro anão é uma planta autógama (autocompatível), mas pode fecundar perfeitamente com pólen externo. Por sua vez, o pequizeiro comum tem em torno de 36% de autogamia, necessitando de pólen externo.

Alguns acessos de pequi anão mais promissores foram avaliados quanto aos seguintes caracteres: comprimento e pilosidade do pecíolo e peciolulo; largura, forma, base, ápice e margem dos folíolos central e lateral; pilosidade adaxial e abaxial dos folíolos, comprimento e pilosidade do pedúnculo e pedicelo; comprimento, largura, forma e ápice da sépala e pétala; cor das pétalas; comprimento, largura, massa e deiscência dos frutos. Esses resultados foram enviados para inserção no Alelo.

Paralelamente ao trabalho de conservação, caracterização e avaliação agrônômica do banco de germoplasma de pequi, outras pesquisas foram desenvolvidas visando viabilizar a propagação da espécie. Nesse sentido, foram conduzidos vários experimentos que permitiram avanços significativos no

processo de conservação e domesticação da espécie (Pereira et al., 2002a, 2002b; Pereira et al., 2004; Pacheco et al., 2005; Pereira; Pereira, 2007; Lopes et al., 2010; Pereira et al., 2017), tais como: (a) quebra parcial da dormência das sementes por meio do tratamento dos caroços com ácido giberélico, atingindo até 60% de germinação; (b) posição de semeadura dos caroços para obtenção de plântulas e mudas com sistema radicular normal; (c) indicação de recipientes, substratos e adubações adequados para produção de mudas de boa qualidade; (d) enxertia das mudas por borbulhia de placa, com mais de 90% de sucesso, que permite a clonagem de plantas superiores com caracteres desejáveis, garantindo a sua conservação e abrindo perspectivas para seleção de futuras de cultivares de pequi, a exemplo do que ocorre com a maioria das fruteiras propagadas vegetativamente. Deve-se destacar que a clonagem constitui um grande e importante atalho no longo programa de melhoramento de espécies perenes, mantendo os caracteres desejáveis de qualquer indivíduo selecionado em qualquer etapa do melhoramento. Durante a manutenção do germoplasma e os trabalhos de propagação, o convívio com a cultura permitiu identificar várias pragas e doenças que afetam a espécie, relatadas por Lopes et al. (2010).

Importância da continuidade do programa

A divulgação cada vez mais frequente das qualidades do pequi como alimento tem aumentado consideravelmente o seu consumo no país Ribeiro (2013). A capilaridade de agroindústrias que processam o pequi em diferentes mercados tem feito com que estados da federação que não consumiam pequi passassem a consumir Ribeiro (2013). Isso vem ocasionando uma pressão intensa sobre a população de pequizeiros nativos, provocando erosão genética quando o extrativismo é feito sem o manejo adequado. Esse fato é agravado porque as sementes de pequi possuem elevado grau de dormência, acarretando baixa e lenta germinação e dificultando a reprodução natural da espécie que é praticamente imperceptível nas condições de cerrado. Acrescenta-se ainda a baixa fertilidade do solo, o longo período seco de cinco a seis meses e a ocorrência de fogo, completando um cenário que indica o risco de extinção da espécie a longo prazo. Dessa forma, a conservação ex situ de acessos e matrizes selecionadas em Banco de Germoplasma, seguidos de um processo de domesticação e cultivo de

materiais genéticos superiores é, sem dúvida, uma medida importante para uso agrônomo da espécie.

Os acessos de pequi são mantidos em condição de campo e, pelo valor dos genótipos, devem ser conservados como recursos genéticos. Muitos dos genótipos e populações já não existem mais em condições naturais, principalmente o pequi-anão. Outros apresentam características muito desejáveis como os genótipos sem espinho.

O Banco Ativo de Germoplasma de Pequi faz parte da SI 9, BAGs de Fruteiras Nativas Potenciais do Centro-Oeste, do projeto REGEN_11_19_Bancos Ativos de Germoplasma de Fruteiras Nativas aprovado na Chamada 02/2020.

Referências

- LOPES, P. S. N.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, R. C. Pequi. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. p. 277-312.
- PACHECO, A. R.; PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; SOUSA-SILVA, J. C.; XIMENES, P. A. Efeito do ácido giberélico na emergência e no crescimento de mudas de pequi. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 16, p. 43-50, 2005.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. de F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. **Avaliação de métodos de enxertia em mudas de pequizeiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002a. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 51).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FIALHO, J. de F. **Enxertia de mudas de pequizeiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002b. (Embrapa Cerrados. Documentos, 66).
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. da; GOMES, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. **Quebra da dormência de sementes de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 136).
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V. Seleção e propagação de fruteiras nativas do Cerrado. In: CREA-GO (Ed.). **Prêmio CREA Goiás de Meio Ambiente 2006: compêndio dos trabalhos**. Goiânia: CREA-GO, 2007. p. 173-191.
- PEREIRA, E. B. C.; PEREIRA, A. V.; ANDERE, S. C. **Produção de mudas e plantio de pequizeiro**. Goiânia: Emater, 2017. (Emater. Boletim Técnico, 1).
- RIBEIRO, L. Pequi vira ouro do cerrado. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 15, julho, 2013. Economia. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/07/15/internas_economia,422647/pequi-vira-ouro-do-cerrado.shtml. Acesso em: 27 fev. 2024.



Foto: Dalízia Aguiar



Foto: Ricardo Paino Beltrame



Foto: Fabiano Bastos



Foto: Allan Kardec Braga Ramos

CAPÍTULO 22 – Programa de Melhoramento Genético de *Panicum maximum*: participação da Embrapa Cerrados

Gustavo José Braga, Allan Kardec Braga Ramos, Marco Aurélio Caldas de Pinho Pessoa-Filho, Francisco Duarte Fernandes e Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Introdução e histórico

A espécie *Panicum maximum* é uma das plantas forrageiras mais cultivadas em todo o território brasileiro e perde no volume de sementes comercializadas apenas para as espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*. Devido à sua elevada capacidade produtiva, se tornou a principal opção para uso em sistemas de produção intensivos de carne e/ou leite. Embora

mais exigente em fertilidade do solo se comparada às cultivares do gênero *Brachiaria*, a espécie *P. maximum* se mostra adaptada às diferentes regiões tropicais do território brasileiro com precipitação pluviométrica anual acima de 800 mm (Muir; Jank, 2004). A primeira cultivar de *P. maximum* cultivada no País foi o capim Colonião, introduzido da África durante o período da escravidão, o que garantiu entre os pecuaristas a tradição no uso de plantas da espécie, mesmo considerando sua maior dificuldade de manejo e maior exigência em fertilidade do solo. A Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS) é a unidade líder do programa de melhoramento de *Panicum*.

O grande marco para a intensificação dos programas de melhoramento de *P. maximum* foi a introdução da coleção representativa da variabilidade natural da espécie, coletada na África pela instituição Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (Orstom – hoje IRD) entre 1967 e 1969. Por meio de um convênio realizado em 1982 entre Embrapa e Orstom, a Embrapa Gado de Corte recebeu toda a sua coleção de *P. maximum*, composta de 426 acessos apomíticos e 417 plantas sexuais (Savidan et al., 1989). A partir das avaliações agronômicas da coleção foram selecionados 25 acessos, que foram avaliados em sete regiões do país, incluindo avaliações no Distrito Federal conduzidas pela Embrapa Cerrados (Valle et al., 2009).

Como resultado dessa estratégia de seleção foram lançadas as cultivares Tanzânia-1 e Mombaça na década de 1990, cuja produção de forragem e valor nutritivo asseguraram ao pecuarista a oportunidade de aumentos substanciais na produtividade. As cultivares Tanzânia-1 e Mombaça chegaram a totalizar 10% das sementes de forrageiras comercializadas no país, além de atender o mercado exterior, especialmente países da América Latina. Visando obter novas linhagens de *P. maximum* de porte médio, abundância de folhas, vigor de rebrota e persistência em solos ácidos, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) iniciou um programa de melhoramento que depois viria a ser transferido para a Embrapa Cerrados. Após 4 anos de avaliação, entre as progênies de destaque destacou-se o capim Vencedor (Barcellos et al., 1990). Em 2000, foi lançada a cv. Massai, de porte mais baixo e teoricamente de mais fácil manejo, embora de mais baixo valor nutritivo. Atualmente a cv. Massai é uma opção de cultivo de *Panicum* em solos de mais baixa fertilidade, condição que não se observa para as demais cultivares da espécie.

Por meio de cruzamentos dirigidos entre acessos apomíticos pré-selecionados e plantas sexuais, híbridos de *P. maximum* têm sido gerados na Embrapa Gado de Corte, no que se constitui a principal estratégia de melhoramento da espécie, assegurando grande variabilidade e conseqüentemente imenso potencial de ganho genético. Além da elevada produtividade que atende à necessidade de intensificação dos sistemas de produção pecuários, atualmente os programas de melhoramento de *P. maximum* apostam no aumento da qualidade da forrageira por meio de uma relação folha:colmo mais elevada, o que confere também maior facilidade de manejo para o pecuarista. Mais recentemente, outra preocupação é a suscetibilidade ao fungo *Bypolaris maydis*, cujo principal impacto negativo foi verificado na cv. Tanzânia-1. A resistência a esse fungo, portanto, passou a compor as avaliações iniciais no melhoramento de Panicum.

Em 2001, com o início da parceria entre a Embrapa e a Associação para o Melhoramento de Forrageiras Tropicais (Unipasto), o programa de melhoramento de *P. maximum* ganhou novo impulso e permitiu que nas duas últimas décadas fossem lançadas as cultivares BRS Zuri, BRS Tamani e BRS Quênia. A capacidade produtiva, a qualidade nutritiva, a maior relação folha:colmo, além da resistência ao fungo *Bypolaris maydis* no caso da cv. Zuri, asseguraram ao pecuarista incrementos produtivos significativos em relação aos cultivares Mombaça e Tanzânia-1. No caso da BRS Tamani, o seu porte baixo e a elevada relação folha:colmo ampliaram a perspectiva de uso de cultivares de *P. maximum*, considerando a maior facilidade de manejo desta cultivar.

Devido à sua atuação histórica no desenvolvimento de cultivares de plantas forrageiras, sua localização estratégica no Cerrado brasileiro, seu corpo técnico multidisciplinar, a Embrapa Cerrados tem atuado na seleção de híbridos de *P. maximum* para a intensificação dos sistemas produtivos do Cerrado brasileiro (Fernandes et al., 2014; Maciel et al., 2018; Braga et al., 2019a, 2019b). A participação em redes de avaliação agrônômica, o potencial de produção de sementes, o desempenho animal, o manejo do pastejo, a resposta à adubação e mais recentemente a introdução de materiais promissores em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) são as principais atividades desenvolvidas pela unidade, em colaboração com as demais unidades da Embrapa, junto ao programa de melhoramento genético da espécie *P. maximum*, liderado pela Embrapa Gado de Corte.

Objetivo

Desenvolver cultivares de *Panicum maximum* com características superiores em produção de forragem e valor nutritivo e também adaptadas a estresses bióticos e abióticos.

Estratégia de melhoramento

Busca por variações desejáveis no banco de germoplasma e uso de métodos de melhoramento populacional (seleção recorrente e cruzamento biparentais) auxiliados por ferramentas biotecnológicas e fenotipagem.

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, o retorno dos royalties auferido pelas cultivares lançadas contribuiria para o financiamento do programa. As cultivares de forrageiras da Embrapa em geral são muito bem recebidas pelo mercado e pelo pecuarista. Entretanto, a adoção não é uniforme entre todas as cultivares. A seleção e o desenvolvimento de cultivares para determinadas regiões e nichos de mercado pode ser uma tendência futura, considerando que até aqui as cultivares são lançadas para todo o bioma.

Importância da continuidade do programa

O uso da espécie *Panicum maximum* se revelou nos últimos 30 anos uma das principais estratégias para a intensificação da produção de carne e leite baseada no uso de pastagens. A obtenção de plantas adaptadas aos solos de Cerrado, responsivas à adubação e mais resistentes a pragas e a doenças garantirão aumentos expressivos na produtividade animal em níveis que outras espécies forrageiras dificilmente conseguirão proporcionar. A espécie é a segunda mais utilizada na pecuária nacional e considerada mais exigente em fertilidade do solo do que outras forrageiras como a *Brachiaria*, e cumpre importante papel na diversificação do uso de forrageiras na propriedade. A espécie é de uso tradicional na pecuária brasileira e comercializada por meio de sementes, cujo mercado é o segundo no país, atrás da *Brachiaria*, sendo também exportada para outros países.

Referências

BARCELLOS, A. de O.; LEITE, G. G.; VILELA, L.; HUTTON, E. M.; SOUZA, F. B.; ANDRADE, R. P. de; ZOBY, J. L. F.; FRANCA DANTAS, M. S.; SOUZA, M. A. de; KARIA, C. T. **Recomendações para a formação e utilização de pastagens de capim Vencedor**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 58).

BRAGA, G. J.; MACIEL, G. A.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; FONSECA, C. E. L.; JANK, L. Performance of young Nelore bulls on guineagrass pastures under rotational stocking in the Brazilian Cerrado. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicales**, v. 7, n. 3, p. 214-222, 2019a.

BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FONSECA, C. E. L. da; FERNANDES, F. D.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS, M. F.; JANK, L. **Produção de forragem e valor nutritivo de híbridos de *Panicum maximum* Jacq. em resposta à adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2019b. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 353).

FERNANDES, F. D.; RAMOS, A. K. B.; JANK, L.; CARVALHO, M. A.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; BRAGA, G. J. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian savannah. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 23-29, 2014.

MACIEL, G. A.; BRAGA, G. J.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; FONSECA, C. E. L.; JANK, L. Seasonal liveweight gain of beef cattle on guineagrass pastures in the Brazilian Cerrados. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 2, p. 480-487, 2018.

MUIR, J.; JANK, L. Guineagrass. In: MOSER L. E.; BURSON, B. L.; SOLLENBERGER, L. E. (Ed.). **Warm-season (C4) grasses**. Madison, USA: American Society of Agronomy, 2004. p. 589-621.

SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; COSTA, J. C. G.; VALLE, C. B. do. Breeding *Panicum maximum* in Brazil. 1. Genetic resources, modes of reproduction and breeding procedures. **Euphytica**, v. 41, p. 107-112, 1989.

VALLE, C. B. do; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.



Foto: Paulo Ribeiro e Marina Torres

CAPÍTULO 23 – Programa de Melhoramento Genético de Milho

Altair Toledo Machado

Introdução e histórico

O programa de melhoramento genético de milho realizado pela Embrapa Cerrados e parceiros teve início em 2002, dividido em duas partes: uma parte sob liderança do pesquisador Altair e a outra parte em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo.

O trabalho sob a coordenação do pesquisador Altair iniciou-se na Embrapa em 1988, com o desenvolvimento de um programa voltado para estresses abióticos e mais especificamente para a eficiência no uso de nitro-

gênio. Nesse trabalho, foram utilizados marcadores bioquímicos como as atividades das enzimas glutamina sintetase e glutamato sintase, buscando selecionar genótipos eficientes nas atividades dessas enzimas em ambientes sob estresse e com diferentes formas de Nitrogênio no solo (+Nitrato ou +Amônio) (Machado et al. 2001a; 2001c; Machado; Fernandes, 2001; Magalhães et al., 1995).

Nesta mesma época, iniciaram-se os trabalhos com o melhoramento participativo junto a agricultores de um Assentamento na região de Seropédica, RJ no qual, os primeiros resultados foram apresentados durante a Rio 92. Em 1992, os trabalhos foram transferidos para a Embrapa Agrobiologia para aprofundar os estudos com eficiência no Nitrogênio junto à equipe de Johanna Dobereiner e para dar sequência ao trabalho de melhoramento participativo junto ao Assentamento Sol da Manhã. Nesse período, iniciou-se o trabalho com fixação biológica de N em milho na qual identificou-se uma estirpe de *Azospirillum amazonenses* que conferiu uma reposição de 40% do N para o milho (Machado et al., 1995). Em 1995, foi lançado a variedade Sol da Manhã, foi desenvolvida de forma participativa no Assentamento Sol da Manhã. Trabalhos com eficiência ao fósforo foram iniciados na qual houve destaque para a variedade Eldorado (Machado et al., 1999; 2001b). Essa mesma variedade foi conduzida em seu processo de melhoramento para sistemas agroecológicos dentro da fazendinha agroecológica da Embrapa Agrobiologia.

O melhoramento participativo visa desenvolver ações para mitigar os problemas relacionados à segurança alimentar, erosão genética dos cultivos locais, perdas dos sistemas tradicionais de cultivo, condições ambientais adversas, entre outros. Essas questões preocupam de maneira significativa em relação aos atuais paradigmas de desenvolvimento da agricultura, especialmente no contexto da agricultura familiar. As atividades abrangem tanto iniciativas realizadas em âmbito nacional quanto internacional.

A nível nacional foi formado uma ampla rede para o desenvolvimento de variedades de milho com enfoque participativo, na qual houve ações de resgate, avaliação a partir dos ensaios nacionais de milho crioulo, seleção, produção e conservação. Essa iniciativa promoveu o resgate de mais de cem variedades de milho nas regiões do Sul e Sudeste do Brasil com a participação de mais de 43 organizações envolvendo em torno de 20 mil famílias de agricultores familiares (Soares, et al., 1998).

O trabalho de melhoramento participativo acabou tendo uma forte repercussão a nível internacional sendo incluído como tema prioritário conforme descrito no Artigo 5º e 6º do Tratado da Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e iniciou-se o desenvolvimento de um programa internacional denominado Conservation Biodiversity and Development Programme patrocinado pela Holanda, Noruega, Suíça e Canadá sendo desenvolvido em vários países da Ásia, África e América Latina. O melhoramento participativo tinha o objetivo de desenvolver variedades dentro da realidade dos agroecossistemas dos agricultores, promovendo não só o incremento da produtividade como também a autonomia e soberania alimentar dessas comunidades.

Outras iniciativas ocorreram com os países lusófonos, e liderado por Angola dentro da concepção do melhoramento participativo com o envolvimento de países de língua Portuguesa como Guiné Bissau, São Tomé e Príncipe, Cabo Verde, Moçambique e Angola.

Em 2002, esse trabalho foi transferido para a Embrapa Cerrados e na continuidade das ações internacionais podemos destacar o trabalho que está sendo desenvolvido na França na qual foi criada a Rede de sementes camponesas e que com a participação de milhares de camponeses franceses ligados à Rede Agrobio e com a participação dos Institutos de pesquisa francesa Institut national de la recherche agronomique (INRA e Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (CIRAD). São realizadas atividades com ensaios de variedades crioulas e melhoramento participativo, além da estratégia das casas de sementes. No site do Agrobio, todas essas experiências são apresentadas e é destacada, em suas publicações (Figura 23.1), a influência do protocolo brasileiro sobre variedades crioulas em seu trabalho.

Em 2004, houve o início do Programa Brasil Itália, em que um dos projetos componentes denominado Manejo da Agrobiodiversidade nos Biomas Cerrado e Caatinga (Machado et al., 2011). Os trabalhos com a França e com a Itália, proporcionaram outras atividades internacionais, com destaque para a Rede de Sementes Crioulas da Europa e trabalhos com

outros países da África. Na Embrapa Cerrados, foi dado a continuidade aos processos de melhoramento participativo com ênfase para a agricultura familiar, envolvendo várias comunidades no estado de Goiás e no Distrito Federal. O melhoramento participativo na Embrapa Cerrados visa principalmente tolerância aos estresses abióticos e aos sistemas de produção de base agroecológica.

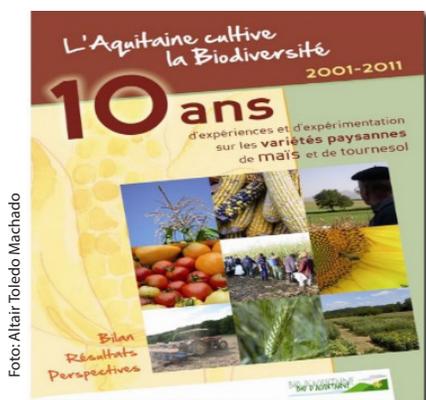


Foto: Altair Toledo Machado

Figura 23.1. Foto da capa de uma publicação que trata do tema sobre melhoramento participativo.

Em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, foram realizadas atividades desde 2020: a Embrapa Cerrados é colaboradora nos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) para variedades e híbridos, bem como com ensaios de híbridos elites e híbridos intermediários. Em síntese, o programa de melhoramento de milho junto com a Embrapa Milho e Sorgo tem as seguintes etapas: (1) a obtenção de populações segregantes, (2) o desenvolvimento de linhagens; e (3) teste desses novos parentais em redes de ensaios de híbridos. O programa de melhoramento de milho da Embrapa tem dado importantes contribuições para o Brasil tais como a mudança da base genética utilizada no País por meio da introdução em larga escala de germoplasma, a seleção para adaptação aos diversos ambientes brasileiros e a distribuição em larga escala aos setores público e privados do País; o desenvolvimento de híbridos e variedades adaptados aos solos de cerrado, tolerantes ao alumínio e eficientes na utilização de P; além de variedades adaptadas aos sistemas de produção de base agroecológica (Figura 23.2).



Fotos: Altair Toledo Machado

Figura 23.2. Milho Sol da Manhã – grãos duros e alaranjado (porte baixo, precoce, tolerante à seca, eficiente no uso de nitrogênio, produtividade em torno de 7 a 8 t/ha) (A); Milho Ribeirão – grãos semidentados e amarelo (porte normal, precoce, eficiente no uso de fósforo, produtividade em torno de 9 a 11 t/ha) (B); Milho Taquaral – grãos semidentados e amarelo (porte normal, precoce, toplerante a seca, produtividade em torno de 9 a 11 t/ha) (C).

Objetivos

Desenvolver variedades de milho mais adaptadas à região do cerrado. O foco do programa de melhoramento genético é o desenvolvimento de cultivares com alta produção de grãos, resistência a pragas e doenças, tolerância aos estresses abióticos e adaptação a sistemas de base agroecológica. Possui utilização diversificada, para serem utilizadas como grãos, silagem e milho verde.

Previsão de lançamento de novas cultivares

2021: Variedade Eldorado

2023: Variedades Taquaral e Ribeirão

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer o incremento da equipe técnica principalmente com profissional melhorista, para dar continuidade ao trabalho realizado pela equipe.

Importância da continuidade do programa

A importância da continuidade desse programa reside no enfoque de promover a indicação de variedades para sistemas agroecológicos/orgânicos e para ambientes sob condições de estresses abióticos. Este trabalho se baseia na formação e incremento de redes de melhoramento participativo, com seleção no local de cultivo, uma estratégia que tem permitido reduzir os custos do programa em 30% apenas de recursos do Sistema Embrapa de Gestão de Projetos (SEG). Os sistemas agroecológicos são elaborados em conjunto com diferentes espécies como é o caso dos corredores agroecológicos, os quais envolvem consórcios e rotações, como estratégias para adaptação às condições adversas do cerrado brasileiro. Este programa conta com uma forte rede de apoio que atualmente envolve mais de 20 mil famílias de agricultores familiares e terras de em torno de 150 mil hectares, plantados com variedades BRS, e com potencial de atender a mais de 300 mil hectares, além da enorme repercussão internacional. É um programa sólido e de enorme impacto, fato que sensibilizou o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em apoiar este projeto. Os impactos desse trabalho estão visíveis em diferentes regiões do país e em diferentes países.

Referências

MACHADO, A. T.; FERNANDES, M. S. Participatory maize breeding for low nitrogen tolerance. **Euphytica**, v. 122, n. 3, p. 567-573, 2001.

MACHADO, A. T.; NASS, L. L.; MACHADO, C. T. de T. (Ed.). **Manejo sustentável da agrobiodiversidade nos biomas Cerrado e Caatinga com ênfase em comunidades rurais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DOBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 961-970, 1998.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; FERNANDES, M. S. N-partitioning, nitrate reductase and glutamine synthetase activities in two contrasting varieties of maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 249-256, 2001.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; PATERNIANI, E.; FERNANDES, M. S. Nitrate reductase and glutamine synthetase activities in S1 endogamic families of the maize populations Sol da Manhã NF and Catetão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 1, p. 88-102, 2001.

MACHADO, C. T. de T.; FURLANI, A. M. C.; MACHADO, A. T. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001.

MACHADO, C. T. de T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; MACHADO, A. T. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 109-124, 1999.

MAGALHÃES, J. R.; MACHADO, A. T.; HUBER, D. M. Similarities in response of maize genotypes to waterlogging and ammonium toxicity. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 11, p. 2339-2346, 1995.

SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. de M.; WEID, J. M. von der (Org.). **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998.



Foto: André Fachini Minitti



Foto: Cláudio Bezerra de Melo

CAPÍTULO 24 – Melhoramento Genético e o Uso de Herbicidas: experiência nos projetos de tomate e batata-doce

Núbia Maria Correia

Introdução e histórico

Os programas de melhoramento genético com ênfase na seletividade de herbicidas são objeto de estudo, seja para organismos geneticamente modificados (OGMs) ou sem transgenia (convencional). Pioneira, a soja RR, tolerante ao herbicida glyphosate, foi motivo de críticas, protestos e alavancou a discussão dos cultivos transgênicos em relação aos cultivos convencionais. A polêmica ocorreu em função da introdução do gene de

uma bactéria no genoma da soja, responsável pela expressão da enzima enol piruvil shiquimato fostato sintatase (EPSPs) insensível ao herbicida glyphosate. Com isto, o herbicida não seletivo, pôde ser usado de forma seletiva nas culturas transgênicas com o gene da bactéria. No Brasil, além da soja RR, há o algodão e o milho tolerantes ao glyphosate. No ano agrícola 2021/2022, outros dois eventos transgênicos iniciam o cultivo no Brasil, a soja tolerante aos herbicidas dicamba (Intacta2 Xtend) ou 2,4-D (Sistema Enlist), ambos também com tolerância ao glyphosate.

Não apenas os eventos transgênicos, contudo, foram motivos de estudos e investimentos nas últimas décadas, mas outros programas de melhoramento convencional se sobressaíram. Como exemplo têm-se as culturas tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas (Tecnologia Clearfield – CL), que foram desenvolvidas e tiveram certo êxito, especialmente para a cultura do arroz. Outro programa de melhoramento sobre tolerância a herbicidas, também não transgênico, é o da soja tolerante a herbicidas do grupo químico sulfonilureias (STS), que não teve sucesso no Brasil e foi suspenso após a fusão da DuPont com a DowAgrosciences. No entanto, há ainda no mercado, cultivares de soja com essa característica, oriundas de linhagens STS, incluindo algumas cultivares da Embrapa. As cultivares STS dificultam o controle químico das suas plantas voluntárias nas culturas do algodão e feijão, pois os herbicidas usados para o controle de soja tiguera são do grupo químico das sulfonilureias.

Mesmo nos programas de melhoramento genético de outras características, os estudos de seletividade dos herbicidas também são necessários. Seletividade é a característica dos herbicidas que possibilita a sua aplicação para o controle de plantas daninhas sem causar danos às culturas. Em geral, a seletividade é o resultado de diferenças na resposta das espécies vegetais a um determinado herbicida e depende de muitos fatores inter-relacionados (Alterman; Pérez Jones, 2003). Além da dosagem do herbicida e do estágio de desenvolvimento das plantas, o genótipo também pode influenciar na seletividade, devido a vários fatores, entre eles a metabolização do herbicida. Esse tipo de seletividade (seletividade metabólica) permite que a planta altere ou degrade a estrutura química do herbicida, por meio de reações, que resultam em substâncias não tóxicas (Oliveira Junior; Inoue, 2011).

Nos projetos de melhoramento genético sem ênfase para herbicidas, portanto, estuda-se a tolerância diferencial de genótipos aos herbicidas, sejam eles registrados ou promissores para uso na cultura. Com isto, avaliar se há variabilidade de resposta dos materiais genéticos a determinada molécula de herbicida, como é o caso da tolerância diferencial de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron, com possibilidade de depreciação na produtividade de grãos pelos híbridos mais sensíveis, similar ao de cultivares de soja ao herbicida sulfentrazone, que também pode afetar a produção de grãos pelas plantas mais sensíveis. Em ambos os exemplos, a variação da resposta dos genótipos ocorre devido à metabolização eficiente e mais rápida nos materiais tolerantes (Carey et al., 1997; Dayan et al., 1997). Por esse motivo, o conhecimento da resposta de novos genótipos aos herbicidas usualmente pulverizados no campo é importante para identificar os materiais genéticos com maior sensibilidade e necessidade do uso de dosagens menores ou da adequação na época de aplicação (como o estágio de desenvolvimento das plantas), para melhor uso das tecnologias no campo, tanto do herbicida como do genótipo.

Projetos de melhoramento genético associados a estudos de seletividade de herbicidas

Projetos atuais ou concluídos

Tomate

Título: Melhoramento do Tomateiro para Agregação de Valor e Sustentabilidade da Cultura no Brasil, liderança de Maria Esther de N. Fonseca Boiteux, pesquisadora da Embrapa Hortaliças.

Objetivo: Avaliar a tolerância diferencial de genótipos de tomate ao herbicida metribuzin e agrupá-los quanto à sensibilidade (sensível, medianamente sensível e tolerante).

Resultados: A linhagem CNPH-0498 tolerou até 2,88 kg/ha de metribuzin, seis vezes a dosagem recomendada para a cultura, sem perdas na produção de frutos, alteração na altura das plantas e ocorrência de sintomas de fitointoxicação severos.

Etapa posterior: Identificação do gene responsável pela característica de tolerância, realizada pela equipe de biologia molecular do projeto.

Batata-doce

Título: Sustentabilidade e Qualidade da Batata-Doce In Natura e Processada nas Principais Regiões Produtoras do Brasil, liderança de Larissa Pereira de Castro Vendrame, pesquisadora da Embrapa Hortaliças.

Objetivos: Avaliar a tolerância de clones avançados de batata-doce ao herbicida linuron (registrado para a cultura) e de outros herbicidas (clomazone, flumioxazin e metribuzin) considerados promissores, com potencial de uso na cultura, que foram selecionados na fase I do projeto.

Etapa: Planejamento da instalação dos experimentos da fase II, com base nos resultados obtidos na fase I do projeto.

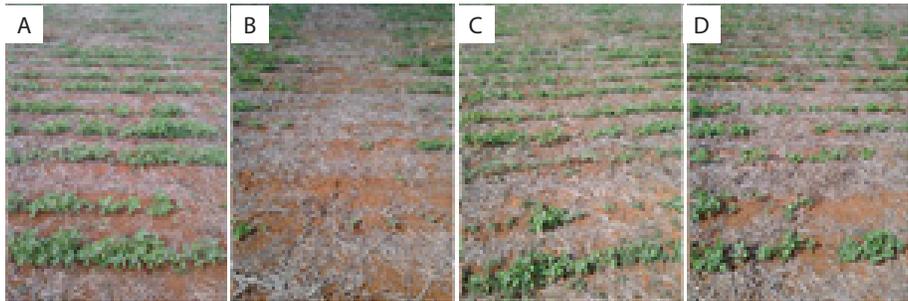
Projetos futuros

Quinoa

Título: Desenvolvimento de Sistemas de Produção de Quinoa no Cerrado, liderança de Walter Quadros Ribeiro Júnior, pesquisador da Embrapa Cerrados.

Objetivos: Avaliar a tolerância de genótipos de quinoa a herbicidas, além de identificar herbicidas promissores, com potencial de uso na cultura, eficazes no controle de joá-de-capote (*Nicandra physaloides*), caruru (*Amaranthus* spp.) e corda-de-viola (espécies do gênero *Ipomoea* e *Merremia*), conforme demanda do produtor envolvido no projeto.

Etapa I: Experimentos de “screening” foram instalados em campo, na Fazenda Sucupira, no Riacho Fundo II, em Brasília, DF, em junho/2021, para avaliar possível variabilidade de resposta de seis genótipos de quinoa a herbicidas, além de selecionar os produtos com potencial de uso na cultura (Figura 24.1).



Fotos: Núbia Maria Correia

Figura 24.1. Dois tratamentos do “screening” de herbicidas para a cultura da quinoa, com os herbicidas 1 e 6 pulverizados em pré e pós-emergência, respectivamente; além da testemunha sem herbicida. Testemunha (sem herbicida) (A); herbicida 6 (B); herbicida 1 (dosagem menor) (C); herbicida 1 (dosagem maior) (D).

Estévia

Título: Programa de Melhoramento Genético da Estévia, liderança de Fábio Gelape Faleiro e Renato Fernando Amábile, pesquisadores da Embrapa Cerrados.

Objetivos: Estudar a variabilidade de resposta de genótipos de estévia a herbicidas, além de identificar herbicidas promissores, com potencial de uso na cultura.

Etapa: Início das discussões e entendimento dos trabalhos que poderão ser realizados.

As “minor crops” e o uso de herbicidas

Mesmo sem registro do herbicida junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para controle de plantas daninhas na cultura de interesse, estudos de seletividade são importantes para a avaliação de herbicidas com potencial de uso e posterior registro, se houver interesse da indústria. A regulamentação desses estudos junto ao Mapa é feita com a obtenção do Regime Especial Temporário (RET) automático, que dá ciência e autoriza a realização dos experimentos de interesse. Todas as informações de herbicidas para as culturas são importantes, seja na sensibilização da indústria para a solicitação do registro, ou até mesmo para o fornecimento de dados para os diferentes grupos de “minor crops”, no Mapa. As culturas com suporte fitossanitário insuficiente, denominadas de “minor crops”, possuem

algumas facilidades e benefícios para o registro ou a extensão de uso de produtos fitossanitários em comparação às outras culturas.

Também é de conhecimento que herbicida é um produto extremamente técnico e não pode ser usado por qualquer produtor ou sistema de cultivo. O próprio nome já denuncia o perigo, *Herbi-planta, cida-mata, ma-ta-planta*. Logo, se mal utilizado, poderá matar ou causar sérios prejuízos inclusive à cultura de interesse econômico. Isso demanda atenção à época de aplicação do produto (pré ou pós-emergência); se em pós-emergência, o tamanho adequado das plantas e a dosagem indicada, seguindo a recomendação de bula.

Fora isto, o herbicida, como qualquer outro produto fitossanitário, deixa resíduos no tanque do pulverizador, que se não for devidamente limpo, poderá matar ou causar sérios danos a outras culturas. O herbicida também poderá deixar resíduos no solo, que inviabilizará o cultivo de outras culturas em sucessão ou rotação na área, dependendo da molécula. Esse efeito fitotóxico é conhecido como “carryover”. Além disso, dependendo das condições edafoclimáticas no momento da pulverização, poderá haver deriva ou volatilização da molécula do herbicida para culturas não alvos, ocasionando prejuízos consideráveis a culturas dentro da mesma propriedade ou em propriedades vizinhas.

Por todos esses fatores mencionados, nem todo produtor possui conhecimento ou assessoramento técnico suficiente para usar a tecnologia do herbicida, mesmo se este estiver disponível no mercado, registrado para a cultura de interesse.

Referências

- ALTERMAN, M. K.; PÉREZ JONES, A. **Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción**. Santiago: Ediciones Universidad Católica del Chile, 2003.
- CAREY, J. B.; PENNER, D.; KELLS, J. J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, v. 45, n. 1, p. 22-30, 1997.
- DAYAN, F. E.; WEETE, J. D.; DUKE, S. O.; HANCOCK, H. G. Soybean (*Glycine max*) Cultivar differences in response to sulfentrazone. **Weed Science**, v. 45, n. 5, p. 634-641, 1997.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 243-262.



Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

CAPÍTULO 25 – Programa de Melhoramento Genético da Graviola (*Annona muricata* L.)

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Introdução e histórico

A graviola (*Annona muricata* L.) é nativa das Américas Central e do Sul (Colômbia, Venezuela, Equador, Peru). A introdução dessa frutífera na Embrapa Cerrados foi iniciada a partir de 1978, pelo pesquisador Alberto Carlos de Queiroz Pinto. Foram introduzidos cinco acessos com a colaboração de Dalmo Giacometti (in memoriam), na época, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Eficiência do programa

Na Embrapa Cerrados, em 1990, havia 12 plantas de cada um dos seguintes acessos:

- Graviola A e Graviola B, ambas coletadas em pomares no Brasil, de frutos pequenos e altamente susceptíveis a brocas e doenças.
- Graviola Morada, procedente da Colômbia, originalmente chamada Moricada devido às espículas longas na casca dos frutos; frutos grandes e mais tolerantes a pragas.
- Graviola Lisa – procedente da Colômbia/Venezuela, de frutos grandes, com espículas curtas, Brix mais elevado e resistência moderada a pragas e doenças.
- Graviola Blanca – Colômbia/Venezuela, de casca verde-amarelada (galbana), frutos grandes, teor de Brix mais elevado e mais susceptível a pragas e doenças.

A partir da frutificação destes acessos, a Embrapa Cerrados realizou dias de campo e cursos de treinamento, recebeu visitas técnicas e distribuiu sementes e propágulos vegetativos das melhores plantas selecionadas para todas as regiões do País. Essas sementes e propágulos deram origem à maioria dos plantios em escala comercial no Brasil, durante a década de 1990, principalmente no Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. A grande demanda por sementes levou a equipe a produzir sementes com polinização controlada, com ênfase em sementes de polinização controlada por meio de cruzamentos entre as melhores plantas do tipo Morada ou entre Morada x Lisa ou Morada x Blanca;

Entre 1990 e 2006, foram desenvolvidas na Embrapa Cerrados, 22 tecnologias que alicerçaram o Sistema de Produção de Graviola no Brasil, incluindo a distribuição do material genético pré-selecionado. Entre estas, incluem técnicas de enxertia, produção de mudas, indicação do biribá (*Rol-linea mucosa*) como porta-enxerto capaz de reduzir os danos causados pela broca-do-coleto, adubações e seleção do clone CPAC-Cerradina, em fase de registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), com alto potencial de produtividade e tolerância às principais pragas e doenças do fruto.



Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

CAPÍTULO 26 – Programa de Melhoramento Genético de Citros (Limão Tahiti)

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Introdução e histórico

As pesquisas com citros na Embrapa Cerrados foram iniciadas entre 1975 a 1976, pelo pesquisador Júlio César Durigan, que fez as primeiras introduções de citros e montou os primeiros experimentos com porta-enxerto de citros.

A partir de 1978, o pesquisador Pedro Jaime de Carvalho Genu deu continuidade aos trabalhos, aumentando as coleções de germoplasmas de citros. De 1984 a 1987, houve a introdução de novos germoplasmas de citros provenientes da Embrapa Mandioca e Fruticultura, nominada de Coleção Orlando Passos por Dalmo Giacometti (in memoriam), pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. As avaliações do germoplasma da coleção e dos trabalhos com porta-enxertos continuaram até meados da década de 1990.

Eficiência do programa

Por meio dessas avaliações, foi selecionado um genótipo de limão tahiti, com características peculiares, que deu origem à 'BRS Passos', lançada em 2012. O nome BRS Passos em homenagem a Orlando Sampaio Passos, pesquisador da Embrapa, que dedicou toda sua carreira de mais de 45 anos às pesquisas em citricultura (Passos et al., 2012).

Essa cultivar se adapta muito bem às condições do Cerrado e tem como características, a produção de frutos ao longo de todo o ano e boa resposta às induções de floração visando à produção no período de entressafra (agosto a novembro). Em geral, essas induções são feitas com a aplicação de dosagens elevadas (300 g/m² de projeção de copa), principalmente, de fertilizantes (sulfato de amônia + cloreto de potássio) em fevereiro ou abril.

Por meio de dados obtidos nos viveiristas especializados em produção de mudas de citros, verificou-se que, no período de 2012 a 2020, 448 mil mudas de BRS Passos foram comercializadas, o que representa em torno de 2 mil hectares cultivados.

Dentro da Coleção Orlando Passos, foi selecionado um genótipo de Poncã de alta produtividade, precoce e resistente à mancha ou pinta-preta de alternária que é a principal doença da poncã no Distrito Federal e municípios do Entorno. Atualmente esse genótipo é amplamente cultivado no Distrito Federal e Entorno, mas ainda não há dados da quantidade de mudas produzidas anualmente.

Referência

PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, L. P. **Limeira ácida**: BRS Passos: uma alternativa de produção de limão para o Centro-Oeste brasileiro na entressafra. Cruz da Almas, Ba: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2012.



Foto: Juliana Miura

CAPÍTULO 27 – Germoplasma e Melhoramento Genético do Baru (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae)

*Fernando Souza Rocha, Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca,
Maria Madalena Rinaldi e Wanderlei Antônio de Lima*

Introdução e histórico

O baru é uma leguminosa arbórea, que produz uma semente rica em proteínas e óleos (Rinaldi et al., 2021), e com aceitação cada vez maior nos mercados nacional e internacional (Cerrado Superfoods, 2021). Atualmente, é considerada uma espécie negligenciada ou subutilizada, mas por ser uma fonte rica em nutrientes, rústica e com alta produtividade, apresenta grande potencial para enriquecer dietas e sistemas agrícolas integrados

(Hunter et al., 2019). A Embrapa Cerrados tem se dedicado ao estudo da espécie durante as últimas décadas. Inicialmente, o foco dos estudos esteve na caracterização de germoplasma e seleção de plantas geneticamente superiores em populações naturais dos ambientes nos quais a espécie ocorre. Com o acúmulo de informações obtido durante esta fase inicial, foi possível implantar um primeiro banco ativo de germoplasma e iniciar os testes de progênies para a espécie (Sano, 1994), o qual vem sendo avaliado desde então (Rinaldi et al., 2021). Atualmente, a Embrapa Cerrados busca a ampliação da base genética e a caracterização de populações naturais e cultivadas, em busca de material genético superior para a incorporação no banco ativo de germoplasma e nas coleções de trabalho, e a melhoria dos sistemas de produção de mudas (Rocha et al., 2019; Scariot et al., 2021). Além do material presente na coleção da Embrapa Cerrados, temos caracterizado morfoagronomicamente indivíduos e físico-quimicamente frutos e sementes de materiais promissores oriundos dos estados de Minas Gerais (Rinaldi et al., 2021), Goiás (Chaves et al., 2020) e, brevemente, de Mato Grosso do Sul (Scariot et al. 2021). A equipe busca o estabelecimento de técnicas de reprodução assexuada por enxertia e/ou estaquia, com vistas a subsidiar tanto o processo de domesticação da espécie, por meio do melhoramento genético, como a multiplicação de boas plantas matrizes (Lima et al., 2023) e o dos primeiros experimentos por meio da avaliação do comportamento de materiais selecionados, quando plantados em sistemas integrados de produção (ILPF) (Rocha et al., 2019).

Objetivos

Caracterizar, utilizar e disponibilizar para a sociedade materiais selecionados, aliando rusticidade, produtividade e qualidade físico-química dos frutos (Rocha et al., 2019), além de oferecer alternativas mais sustentáveis ao modelo atual, que está centrado no extrativismo intensivo, por meio do fornecimento de materiais e tecnologias para a produção comercial na propriedade rural, contribuindo assim, para uma melhor conservação da espécie e intensificação sustentável da cadeia produtiva do baru.

Estratégias de melhoramento

Aliar técnicas avançadas de melhoramento molecular (Chaves et al., 2020) ao melhoramento genético convencional (seleção massal e seleção recorrente), com o uso de marcadores moleculares que possam acelerar a obtenção de plantas e populações melhoradas, aumentando a eficiência no ganho de seleção e diminuindo os anos necessários para o lançamento de novos materiais.

Importância da continuidade do programa

O baru está deixando a condição de espécie negligenciada para se tornar uma realidade no mercado global de amêndoas e castanhas (Secom-Vc, 2021), que apresenta um volume de comercialização já bastante expressivo e ainda crescente (Fact.MR, 2024). Nos próximos anos, é esperado que aumente não só a comercialização, como também a demanda por genética superior e sistemas adequados à produção da espécie. A continuidade dos trabalhos de caracterização e o uso dos recursos genéticos e o melhoramento do baru permitirá à Embrapa fazer parte da construção do mercado desta espécie, retirando-a do extrativismo puro e colocando-a como uma opção de cultura aos produtores interessados.

Para garantir a continuidade desses estudos, a equipe vem trabalhando em projetos com financiamento interno (Rocha et al. 2019) e externo, de agências como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Chaves et al., 2020) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (Scariot et al., 2021). Nos próximos anos, nosso foco continuará na busca e na caracterização de genética superior, para o estabelecimento de novos experimentos de seleção, associados a melhorias na fitotecnia da espécie e na sua inserção em sistemas integrados de produção ou como alternativa para recomposição de áreas naturais.

Referências

CERRADO SUPERFOODS. The incredible Baru nut. c2021. Disponível em: <https://www.baru-nuts.com>. Acesso em: 3 ago. 2021.

CHAVES, L. J. **Ferramentas biotecnológicas para o melhoramento acelerado de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel) e mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes): projeto de pesquisa.** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2020. PI05273-2020.

FACT.MR. **Baru Nuts Market Outlook (2022-2032)**. 2024. Disponível em: <https://www.factmr.com/report/1362/baru-nuts-market>. Acesso em: 9 out. 2024.

HUNTER, D.; BORELLI, T.; BELTRAME, D. M.; OLIVEIRA, C. N.; CORADIN, L.; WASIKE, V. W.; WASILWA, L.; MWAI, J.; MANJELLA, A.; SAMARASINGHE, G. W.; MADHUJITH, T. The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. **Planta**, v. 250, n. 3, p. 709-729, 2019.

LIMA, W. A. A.; MORAIS, F. M.; ROCHA, F. S.; MALAQUIAS, J. V. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae). **Ciência Florestal**, v. 33, p. 1-18, 2023.

RINALDI, M. M.; ROCHA, F. S.; SANTOS, R. M. dos; PEREIRA, M. dos S.; QUEIROZ, D. B. V. de; MORAIS, F. M. de. **Produção, caracterização física, química e funcional de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog., Fabaceae) oriundos da Embrapa Cerrados e Arinos, MG: safra 2019.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 376).

ROCHA, F. S.; LIMA, W. A. A.; MORAIS, F. M. MALAQUIAS, J. V. **Seleção e manejo de fruteiras nativas do Cerrado para utilização em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF): projeto de pesquisa.** Brasília, 2019.

SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L. da; SILVA, J. A. da; CHARCHAR, M. J. d'A. **Teste de progenies de baru, jatoba e mangaba.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 74).

SCARIOT, A. **Pecuária Cum-Baru: sistemas silvipastoris com árvores nativas no Cerrado.** Brasília: Embrapa, 2021. Projeto de pesquisa.

SECOMVC. Brasília, DF: Secretaria Especial de Comunicação Social da Presidência da República. Disponível em: <https://twitter.com/secomvc/status/1324033767854493696>. Acesso em: 3 ago. 2021.



Foto: Angelo Aparecimento Barbosa Sussel

CAPÍTULO 28 – Melhoramento Genético do Trigo

Júlio César Albrecht

Introdução e histórico

O Brasil sempre foi um grande importador de trigo e para reduzir a dependência da importação desse produto o governo brasileiro, na década de 1970, incentivou a busca da autossuficiência em trigo, por meio de subsídios aos produtores e da expansão da cultura para regiões não tradicionais. Com o potencial da região do Cerrado do Brasil Central para produção de grãos, o pesquisador Ady Raul da Silva, em 1972, iniciou trabalhos de pesquisa com trigo na Estação Experimental de Brasília, em Planaltina, DF, com o objetivo de averiguar a capacidade da região para o cultivo do trigo,

bem como para desenvolver de cultivares adaptadas, e para a multiplicação de sementes básicas dos materiais selecionados da região sul do Brasil, via plantio de verão (safrinha) e de inverno. Os genótipos avaliados eram originários do Sul do país e do Centro Internacional de Melhoramento para o Milho e o Trigo (CIMMYT). Até 1973, a estação foi subordinada ao Instituto de Experimentação Agropecuária do Centro-Oeste. Com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1975, a estação foi transformada no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (Embrapa Cerrados). As pesquisas tinham como objetivo a seleção de cultivares adaptadas à região e o manejo fitotécnico tanto para o plantio de verão (sem irrigação) como o de inverno (irrigado). Após estudos em várias regiões e por vários anos, a Embrapa Cerrados publicou as primeiras recomendações para trigo irrigado no Brasil-Central. O plantio deveria ser acima de 800 m, com plantio sugerido para a primeira quinzena de maio, podendo ser plantado até final de junho. A densidade de plantio deveria ser de 350 a 400 sementes; o sistema de irrigação deveria ser por infiltração em solos argilosos (40% ou mais de argila) e a inclinação do solo teria de ser de 5%. As variedades sugeridas eram a BH1146, IAC5 (ou Maringá) para solos virgens; IAS 54 e IAS 55 para solos já corrigidos; e a Sonora 63 para solos férteis e sem acidez. A duração do ciclo variava entre 110 e 130 dias para uma produção estimada de 2 mil quilogramas por hectare, podendo chegar a 3 mil quilogramas por hectare, colhida mecanicamente.

No início da década de 1980, o governo lançou o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (Profir), com o objetivo de aumentar a produção e a produtividade da agricultura nacional, principalmente a do trigo. Esse programa incentivou a triticultura no Brasil Central, porém o programa persistiu pouco tempo, foi desativado pelo governo federal devido às adversidades para manter as políticas de incentivos para o setor. A partir do Profir, a Embrapa, por meio da Embrapa Cerrados e da Embrapa Trigo, intensificou os trabalhos de pesquisa com o trigo para atender às necessidades de manejo de água, de solo e de fertilização para adequar o plantio de trigo no Brasil Central, bem como também selecionou e lançou cultivares adaptados ao ambiente do Cerrado. As duas primeiras cultivares para o Cerrado foram lançadas em 1983, após 10 anos dos primeiros cruzamentos específicos. A cultivar BR 9-Cerrados, descendia do cruzamento BH 1146/IRNx595-71, realizado em Planaltina, DF, em 1973 e destinava-se a

plantios de sequeiro, acima de 800 m, sendo indicada para cultivo nos estados de Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal. A cultivar BR 10-Formosa descendeu de seleção realizada em Planaltina, DF, a partir da Alondra 45, linhagem introduzida do México, e foi proposto para cultivo irrigado acima de 600 m para os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e para o Distrito Federal. As cultivares foram recomendadas para o cerrado, em 1983, pela Comissão Regional de Avaliação e Recomendação de Cultivares de Trigo, Região III.

Objetivos

No programa de melhoramento de trigo desenvolvido na Embrapa Cerrados, os principais objetivos na seleção dos genótipos foi desenvolver cultivares com maior rendimento de grãos, tolerância a alumínio e acidez de solo, eficiência de uso de nutrientes, porte baixo, resistência ao acamamento e precocidade, bem como o desenvolvimento de cultivares tolerantes às doenças, principalmente à ferrugem.

Importância da continuidade do programa

Como resultado deste trabalho de melhoramento foram lançadas diversas cultivares. Em 1985, foi lançada a cultivar BR 12-Aruanã, moderadamente resistente à ferrugem do colmo e ao mosaico do trigo. Em 1986, foi lançada a BR16-Rio Verde, para plantio em sequeiro, com tolerância à ferrugem. A BR 33-Guará e a BR 39-Paraúna foram genótipos introduzidos em 1983, provenientes do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CYMMIT) e, em 1989 e 1991, respectivamente, foram recomendadas para plantio irrigado em Goiás, no Distrito Federal. A BR 33-Guará foi plantada por diversos anos em Goiás e no Distrito Federal, principalmente pela resistência ao acamamento. Porém, apesar da boa produtividade e da tolerância a algumas doenças, essas cultivares apresentavam baixa qualidade industrial para panificação.

A partir de 1990, com a privatização da comercialização do trigo no Brasil, os Moinhos começaram a exigir uma melhor qualidade industrial dos trigos brasileiros. Com isso, a Embrapa Cerrados e parceiros começaram a buscar genótipos com melhor qualidade industrial para a fabricação de pães, além do alto rendimento de grãos, da tolerância ao alumínio e às

doenças. Com isso, nos anos 1990, foram lançadas as primeiras cultivares do Brasil Central, desenvolvidas na Embrapa Cerrados, com alta qualidade de panificação, a Embrapa 22 e a Embrapa 42, recomendadas para plantio irrigado em 1994 e 1998, respectivamente.

A cultivar trigo BR 18-Terena, indicada para plantio na região Centro-Sul, foi recomendada para plantio sequeiro na região Central do Brasil em 2002. A BR18 é proveniente de um cruzamento desconhecido. A cultivar destaca-se por grão grande, com alta força de glúten, bom tipo agrônômico, tolerância à ferrugem-da-folha e pela ampla adaptação. Ainda hoje, é uma cultivar muito usada em cruzamentos para a seleção de materiais a serem cultivados em regime de sequeiro. Na região do Cerrado, o trigo de inverno cultivado com irrigação apresenta maior produtividade e melhor qualidade industrial para panificação em relação às outras regiões do país. O rendimento médio de grãos de trigo no Brasil está em torno de 3,0 t/ha. O trigo produzido no Cerrado do Brasil Central, sob regime de irrigação, tem rendimento médio de grãos de 6 t/ha. Isso ocorre porque as cultivares desenvolvidas na região apresentam alto padrão de qualidade tecnológica em decorrência da genética e das condições climáticas.

Com a determinação de desenvolver cultivares ainda mais produtivas e com alta qualidade industrial de panificação para o Cerrado, a Embrapa Cerrados, nos seus campos experimentais, criou e lançou três cultivares de trigo irrigado de 2005 a 2007: BRS 207 (2005), BRS264 (2006) e BRS254 (2007), todas com excelente qualidade industrial e alto rendimento de grãos. A cultivar BRS 207 apresenta boa qualidade para panificação (classificada como trigo tipo pão), resistência ao acamamento e elevada produtividade. A cultivar BRS 254, além do ciclo médio e do alto rendimento de grãos, apresenta uma excelente qualidade tecnológica, sendo classificada como trigo melhorador. A BRS 264, cultivar mais semeada pelos tricultores do Brasil Central, ocupa 55% da área cultivada com trigo no cerrado. É uma cultivar superprecoce, a mais precoce do Brasil, que pode ser colhida cerca de 10 dias antes do que as demais disponíveis no mercado e também apresentam alto rendimento de grãos e excelente qualidade para panificação, classificada como trigo pão.

A cultivar BRS 264 bateu recorde mundial de produtividade diária em 2 anos sucessivos em 2020 e 2021. Em 2020, o produtor Paulo Bonato, de Cristalina, GO, colheu 8.544 kg/ha, isto é 74,9 kg/ha/dia, ou 142,4 sc/ha de

grãos da cultivar BRS 264 em uma área de 50,8 ha sob pivô central de irrigação. Em 2021, o mesmo produtor colheu 9.630 kg/ha (80,9 kg/ha/dia ou 160,5 sc/ha).

As cultivares de trigo BRS 394 e BRS 404, foram lançadas pela Embrapa Cerrados em 2015, para cultivo irrigado e cultivo de sequeiro, respectivamente. A BRS 404 tem como principal característica a tolerância ao calor, importante para o cultivo na safrinha. Ambas apresentam excelente qualidade industrial para panificação, alto rendimento de grãos e um bom nível de tolerância à brusone, principal doença do trigo ocorrente no cerrado.

A Embrapa Cerrados e a Embrapa Trigo obtiveram importantes avanços na área de pesquisa, desenvolvimento e inovação do cultivo do trigo no Cerrado. Em 1985, a área plantada de trigo no Brasil-Central era de aproximadamente 5 mil hectares. Em 2022, alcançou-se 350 mil hectares, porém a área potencial para a produção de trigo no Brasil-Central é de 1,5 milhões de hectares para o cultivo irrigado e 2,5 milhões para o sequeiro (safrinha). Os desafios ainda são grandes para a realização de todo este potencial, no entanto, com a continuidade das pesquisas com trigo na região, o Cerrado brasileiro poderá, num futuro próximo, contribuir significativamente para o Brasil alcançar a autossuficiência na produção do produto bem como a economia de divisas com menor importação de trigo.

No cerrado do Brasil-Central, é produzido um dos melhores trigos do mundo em termos de qualidade de panificação, consequência, da alta força do glúten e da alta estabilidade, características importantes, da qualidade industrial, presentes nos genótipos cultivados na região.



Foto: Júlio Albrecht

CAPÍTULO 29 – Melhoramento Genético do Feijão

Júlio César Albrecht

Introdução e histórico

O Brasil é um dos principais produtores e consumidores de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do mundo. O feijão é hoje uma das principais fontes de proteínas das populações de baixo poder aquisitivo, portanto é um produto de grande importância nutricional e social para o país. O feijão é cultivado no Brasil em três épocas: na seca, nas águas e no inverno (com irrigação). Aproximadamente 80% da produção nacional é cultivada sem irrigação. Em torno de 75% do feijão cultivado no Brasil é do tipo carioca (creme com rajas marrons). No entanto, existem outros tipos de feijões de

grãos especiais diferenciados e com maior valor agregado, sendo consumido pela população, em menor escala.

No Cerrado, o cultivo de feijão tornou-se uma das principais opções para os sistemas de produção, irrigado e sequeiro da região. No entanto, as cultivares indicadas para esta região apresentam alguns problemas, que causam instabilidade de produção e de produtividade, que necessitam ser corrigidos. Portanto, torna-se imprescindível a condução de ensaios de competição para avaliação e seleção de novas linhagens e/ou cultivares.

Objetivos

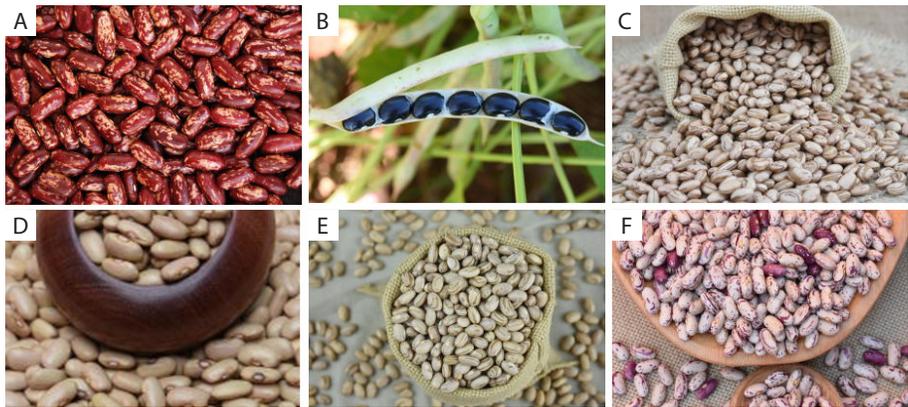
O objetivo principal dos trabalhos de pesquisa com feijão conduzidos na Embrapa Cerrados é identificar, através de ensaios preliminares e de Valor de Cultivo e Uso (VCU), genótipos de feijão com alta produtividade e estabilidade de rendimento de grãos, mais resistentes às doenças prevalentes na região, identificar materiais que permitam o máximo de mecanização da lavoura e selecionar materiais precoces.

A meta principal deste trabalho é a indicação, a cada dois anos, de pelo menos uma nova cultivar de feijão com características superiores as atuais em cultivo. Os ensaios preliminares e de VCU de feijão fazem parte do projeto de Melhoramento Genético do Feijoeiro Comum da Embrapa Arroz e Feijão.

Resultados do programa

Existe um histórico de parceria da Embrapa Cerrados com a Embrapa Arroz e Feijão (Unidade Líder do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro) com o desenvolvimento e recomendação de diferentes cultivares de feijoeiro para a região do Cerrado. Nos últimos anos, como resultado deste trabalho de pesquisa, novas cultivares de feijão foram indicadas para cultivo no Brasil (Figura 29.1), como BRS FS305: cultivar para exportação com grãos calima; BRS FP403: cultivar de grão preto com alta produtividade e qualidade de grãos, moderada resistência à murcha de *Fusarium* e podridões radiculares; BRS FC406: cultivar de feijoeiro-comum carioca com grãos grandes, alto potencial produtivo, resistência à antracnose e à mancha-angular; BRS FC409: cultivar de feijoeiro-comum com alto valor comercial e

nutricional, resistência à murcha de *Fusarium* e à murcha de *Curtobacterium*; BRS FS311: cultivar de feijoeiro-comum com grãos rajados, com alta produtividade e qualidade comercial; BRS FS 313: Cultivar de feijoeiro-comum do tipo Jalo, com grão graúdo e alta produtividade; BRS FC414: cultivar de feijoeiro-comum com alta produtividade e qualidade comercial indicada para cultivo sob pivô central; BRS FC415: cultivar de feijoeiro-comum carioca com alta produtividade, qualidade comercial, escurecimento lento dos grãos e resistência a patógenos de solo



Fotos: Sebastião José de Araújo

Figura 29.1. Cultivares de feijoeiro: BRS FS305 (A); BRS FP403 (B); BRS FC414 (C); BRS FS313 (D); BRS FC415 (E); BRS FS311 (F).

Importância da continuidade do programa

O mercado brasileiro de feijão está se tornando cada vez mais exigente quanto às características de qualidade comercial dos grãos, e os produtores buscando novas cultivares com produtividades mais elevadas, mais resistentes às limitantes bióticas e de diferentes classes comerciais, por isso é imperioso a continuidade dos trabalhos de pesquisa com a cultura do feijão no país, para possibilitar a indicação de cultivares que mantenham sua competitividade nas mais diferentes condições de cultivo e sistemas de produção do Brasil.



Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

CAPÍTULO 30 – Programa de Melhoramento Genético de Araçá (*Psidium* sp.)

Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Introdução e histórico

O araçá é uma das espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial (Bezerra et al., 2018). O nome araçá deriva da palavra maraçá, que, na língua Tupi, significa alimento com olho ou comida com olho. Essa denominação deve-se à cavidade estilar comum no ápice desses frutos, em geral, envolvida por restos das flores que permanecem aderidas mesmo depois amadurecimento do fruto. Em geral, pertencem à família Myrtaceae e aos gêneros *Psidium*, *Eugenia*, *Campomanesia* entre outros.

Entre as espécies mais conhecidas com essa denominação estão os araçás comuns (*Psidium* spp.) araçá-boi (*Eugenia stipitata*) e gabiobas (*Campomanesia* spp.)

Na década de 1990, na Embrapa Cerrados, foram introduzidos alguns acessos de araçá do gênero *Psidium* procedentes do Cerrado de Minas Gerais e Goiás, e também duas cultivares desenvolvidas pela Embrapa Clima temperado da espécie *Psidium cattleianum*, nominadas de *Yacy* que significa Lua em Tupi, de casca amarela, e *Irapuan*, que significa mel redondo, de casca roxa. Dois acessos de araçás-boi (*Eugenia stipitata*) de áreas de cultivo vieram de Manaus, AM e do Acre, AC. De Minas Gerais, vieram um exemplar de araçá-boi, encontrado em uma mata ciliar de Araxá, e um *Psidium* sp., coletado em uma área de domínio da Mata Atlântica, mas em ambiente de vegetação de Cerrado do Sul do estado de Minas Gerais, onde ocorrem geadas frequentes.

Eficiência do programa

As introduções de araçá na Embrapa Cerrados foram caracterizadas com base no desempenho agrônômico. Das introduções, destacaram-se quanto à produtividade, resistência a doenças e pragas (exceto à mosca das frutas), rusticidade e aceitação pelas pessoas que experimentaram os frutos: a cultivar *Yacy* (*Psidium Cattleianum*), a *Psidium* sp., procedente do Sul de Minas Gerais, MG, nominado de CPAC-AR-1 e o araçá-boi (*Eugenia stipitata*) procedente de Manaus, AM.

Diante da boa aceitação e adaptação do *Psidium* sp, CPAC-AR-1, em 2010, decidiu-se implantar um experimento com estudos de espaçamentos. Esse experimento continua em ótimas condições na Embrapa Cerrados e tem sido objeto de vários estudos que comprovam o seu alto potencial frutífero para alimentação ao natural, elaboração de sucos, doces e geleias, recuperação de áreas degradadas, adequações ambientais, agroflorestal e alimentos para fauna devido à sua rusticidade e tolerância a queimadas. Seus frutos são muito apreciados por psitacídeos em geral.

A cultivar *Yacy* e o araçá-boi continuam no Campo experimental da Embrapa Cerrados e têm sido bastante demandadas na região.

Importância da continuidade do programa

O araçá (*Psidium* sp.), CPAC-AR-01, vem apresentando alto potencial agrônômico nos experimentos na Embrapa Cerrados. Devido a sua rusticidade, tem alto potencial para recomposição de áreas degradadas. É bem aceito para o consumo ao natural, para sucos e doces. Com relação à preservação da fauna, a espécie é bem aceita por pássaros, principalmente psitacídeos.

Referência

BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA-JUNIOR, J. F. da; FRANZON, R. C.; SILVA, T. C. S.; CAMPOS, L. Z. O.; PROENÇA, C. E. B. *Psidium* spp: Araçá. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro: região Centro-Oeste. Brasília, DF: MMA, 2018. (Biodiversidade, 44).



Foto: Juliana Sussai

CAPÍTULO 31 – Melhoramento Genético do Capim-Elefante

Francisco Duarte Fernandes, Allan Kardec Braga Ramos, Gustavo José Braga, Cláudio Takao Karia, Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca, João Paulo Guimarães Soares, Antônio Vander Pereira, Francisco José da Silva Lédo e Juarez Campolina Machado

Introdução e Histórico

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. sin. *Cenchrus purpureus*) é uma das mais importantes plantas forrageiras, sendo cultivada em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo devido ao seu elevado potencial de produção de forragem e valor nutritivo, a sua aceitabilidade por diferentes categorias e espécies de animais, e seu vigor e a sua persistência. O capim-elefante pode ser utilizado como fonte de volumosos para ruminantes na forma de capineira, pastejo, silagem e feno. O desenvolvimento de cultivares forrageiras melhoradas de porte alto e baixo, específicas para silagem e pastejo, respectivamente, e de elevado potencial

produtivo, que possam atender às necessidades nutricionais dos rebanhos durante todo o ano, tem resultado no aumento de interesse pelo cultivo dessa forrageira para a produção de carne e leite.

Em 1991, a Embrapa Gado de Leite começou o Programa de Melhoramento Genético de Capim-Elefante para Uso Forrageiro, com o objetivo de desenvolver cultivares que apresentam alta produtividade, menor estacionalidade (sazonalidade) de produção de forragem, bom valor nutritivo e boa adaptação a diferentes condições ambientais. Outro objetivo incluía o desenvolvimento de cultivares propagadas por sementes e resistentes às cigarrinha-das-pastagens. No desenvolvimento das cultivares para pastejo e produção de silagem estão sendo utilizadas estratégias e métodos de melhoramento comumente usados nas espécies alógamias e no capim-elefante, tais como o melhoramento populacional, hibridações, seleção entre e dentro de progênies, e clonagem, etc. Também serão utilizados para a geração de mais variabilidade cruzamentos envolvendo acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-Elefante da Embrapa (BAGCE) selecionados quanto ao teor de carboidratos solúveis e outras características desejáveis para a produção de silagem. No desenvolvimento das cultivares para pastejo propagadas por sementes será utilizada a estratégia de obter clones que produzem sementes de autofecundação de elevada germinação, e cujas progênies S1 ou S2 possuem baixa depressão por endogamia e boa homogeneidade. Isso permitirá a obtenção de cultivares que apresentam alta produção de sementes, e características que favorecem a colheita mecanizada.

Eficiência do programa

A Embrapa desenvolveu pelo programa de melhoramento genético do capim-elefante as cultivares Pioneiro, BRS Canará, BRS Kurumi e BRS Capiaçú. A primeira cultivar desenvolvida foi a Pioneiro, lançada em 1996, sendo recomendada para uso sob pastejo. A 'BRS Canará', lançada em 2012, é recomendada para uso como capineira. A 'BRS Kurumi', lançada em 2014, é recomendada para pastejo rotativo. A cultivar de capim-elefante-anão BRS Kurumi se destaca por apresentar alto potencial de produção de forragem com excelentes características nutricionais, o que possibilita ao produtor de leite intensificar a produção animal com menor uso de concentrado. A 'BRS Capiaçú' foi lançada em 2016, sendo recomendada para silagem. A cultivar

inova na versatilidade de uso da capineira, podendo produzir silagem de boa qualidade ou fornecida como picado verde no cocho. As plantas têm porte alto, podendo alcançar 4,5 m de altura. Esta cultivar se destaca das demais cultivares de capim-elefante por apresentar alto potencial para a produção de forragem de boa qualidade, resistência ao acamamento, facilidade para a colheita mecânica, ausência de joçal (pelos) e touceiras eretas e densas. Além disso, possui tolerância ao estresse hídrico, o que a torna alternativa ao cultivo do milho em regiões com alto risco de ocorrência de veranicos.

As cultivares BRS Kurumi e BRS Capiacu estão sendo cultivadas em todas as regiões do Brasil. São utilizadas em sistemas de produção de leite e carne para minimizar os efeitos da deficiência de alimento ocasionados pela sazonalidade de produção de forragem ou período de vazio forrageiro, e promover aumento da produtividade animal.

Importância da continuidade do programa

Mudanças climáticas, questões de ordem econômica e segurança energética têm impulsionado a busca por fontes renováveis de energia. A crescente demanda por uma matriz energética sustentável e a necessidade de diminuição da dependência de combustíveis fósseis faz da energia produzida a partir da biomassa uma opção de destaque. Assim, o capim-elefante é considerado uma fonte alternativa de energia potencialmente sustentável, em razão de sua alta eficiência fotossintética, de sua grande capacidade de acumulação de matéria-seca e de fixação biológica de nitrogênio, além de suas propriedades químicas. A despeito do potencial de uso do capim-elefante como fonte de biomassa para a produção de energia, existe a necessidade de desenvolvimento de genótipos específicos para esse uso, com características diversas daquelas tradicionalmente contempladas para a alimentação animal. No Brasil, o capim-elefante tem sido alvo de estudos como cultura energética, sendo a maior parte deles com foco na sua utilização como combustível sólido. No entanto, estudos laboratoriais e em escala piloto também têm constatado as potencialidades da biomassa de capim-elefante para a produção de etanol de segunda geração (2G).

Em 2014, a Embrapa Gado de Leite começou o Programa de Melhoramento Genético de Capim-Elefante para Produção de Bioenergia, com o objetivo de desenvolver cultivares específicas para utilização da biomassa

como insumo energético, adaptadas às diferentes condições de cultivo do Brasil e propor estratégias de utilização das cultivares para produção de bioenergia. Os desafios atuais das pesquisas com o capim-elefante visando o seu uso como matéria-prima para a produção de energia renovável incluem o desenvolvimento e a avaliação de genótipos promissores e o trabalho com os aspectos referentes à otimização do seu sistema de produção nas regiões com potencialidades de cultivo. No desenvolvimento das cultivares para a produção de bioenergia, estão sendo utilizadas as estratégias de melhoramento como a hibridação, o melhoramento populacional e a fenotipagem. O programa também utiliza ferramentas de biotecnologia avançada, principalmente organismos geneticamente modificados e o melhoramento assistido por marcadores moleculares.

Referências

- FERNANDES, F. D.; CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; FONSECA, C. E. L. da; LEDO, F. J. da S.; MACHADO, J. C. **Biomassa de genótipos de Capim-Elefante para produção de energia**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 358).
- FERNANDES, F. D.; GUIMARAES JUNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; CARVALHO, M. A.; BRAGA, G. J.; FONSECA, C. E. L. da; CELESTINO, S. M. C.; MALAQUIAS, J. V. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de raízes de mandioca. **Científica**, v. 49, n. 2, p. 92-101, 2021.
- GOMIDE, C. A. de M.; PACIULLO, D. S. C.; LEDO, F. J. da S.; PEREIRA, A. V.; MORENZ, M. J. F.; BRIGHENTI, A. M. **Informações sobre a cultivar de capim-elefante BRS Kurumi**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 75).
- PEREIRA, A. V.; AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; MITTELMANN, A.; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C.; LEDO, F. J. da S.; OLIVEIRA, J. S. e; LEITE, J. L. B.; MACHADO, J. C.; MATOS, L. L. de; MORENZ, M. J. F.; ANDRADE, P. J. M.; BENDER, S. E.; ROCHA, W. S. D. da. **BRS Capiçu e BRS Kurumi: cultivo e uso**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.
- PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; MORENZ, M. J. F.; LEITE, J. L. B.; BRIGHENTI, A. M.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. **BRS Capiçu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2016. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 79).



Foto: Marcelo Ayres Carneiro



Foto: Vlayton Torne Maede



Fotos: Allan Kardec Braga Ramos

CAPÍTULO 32 – Melhoramento Genético de Capim-Andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth.)

Allan Kardec Braga Ramos
Gustavo José Braga
Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca

Introdução e histórico

Andropogon gayanus é uma gramínea forrageira de origem africana com ampla adaptação natural (solo, clima, altitude), perene (persistente), de porte alto e com crescimento cespitoso. Floresce mais tardiamente em dias curtos, tem reprodução sexuada (alógama) e suas sementes são pequenas e de fácil dispersão natural em decorrência das estruturas das espi-

guetas (lema, pálea, gluma, arista) que permanecem aderidas às cariopses. Como planta forrageira, a espécie e as cultivares lançadas caracterizam-se pela grande adaptação a solos de baixa fertilidade (acidez e nutrientes), tolerância à seca prolongada, rápida rebrotação no início das águas, grande aceitabilidade (espécies e categorias animais), ausência de fatores antinutricionais e resistência às cigarrinhas das pastagens. Além disso, apresenta facilidade de consorciação com leguminosas herbáceas, tem florescimento tardio e é tolerante ao fogo. Como limitações, apresenta rápida perda de qualidade da forragem por ocasião do florescimento, dada a alta quantidade e proporção de colmos de suas plantas de porte alto. As sementes são pequenas e com palhas, implicando grandes volumes e dificuldades para o plantio/semeadura. Além disso, as plantas jovens ou recém-emergidas são pouco vigorosas e o estabelecimento é lento, sendo bastante susceptíveis aos ataques por formigas.

No Cerrado, as cultivares de capim-andropogon são utilizadas predominantemente em sistemas de produção extensivos com baixo uso de insumos, em solos de baixa fertilidade, arenosos ou com cascalho, e associadas à fase de cria de bovinos de corte. Estimativas realizadas alguns anos após o lançamento da primeira cultivar (cv. Planaltina), em 1980, indicavam que o mercado formal de sementes era de 1,8 mil toneladas por ano, com rápida expansão do cultivo (240 mil hectares por ano), alcançando rapidamente 900 mil hectares de pastos cultivados, equivalendo a 4% das áreas com pastagens. Naquela ocasião (1989), era bem menor o número de cultivares de gramíneas forrageiras e a cv. Planaltina era a principal alternativa para as áreas de pastagens com problemas causados pelas cigarrinhas. Mais recentemente, o mercado formal de sementes das cultivares de capim-andropogon tem mobilizado o cultivo de 1 mil hectares por ano de campos de produção, representado entre 1 e 2% do mercado formal de sementes de forrageiras tropicais no Brasil. É oportuno registrar que, infelizmente, é bastante expressivo o mercado informal de sementes de capim-andropogon em função de questões culturais e econômicas decorrentes da localização dos polos de produção e da natureza (volumosa) de suas sementes. Dada a mudança (perfil e geografia) da pecuária brasileira e à ampliação das opções de cultivares de forrageiras, a adoção do capim-andropogon tem sido predominantemente em ambientes tropicais desafiadores (pragas, doenças), com oferta ambiental marginal (seca, fertilidade, acidez) e de

menor inversão de recursos sem os quais levariam ao colapso a maioria das pastagens formadas com cultivares de outras espécies.

No Brasil, há registro que remonta a 1942 sobre a introdução de um acesso (população) da espécie pela Divisão de Agrostologia do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) e do seu potencial de uso como planta forrageira (capim-gamba). No entanto, apesar do comportamento produtivo promissor, apresentava baixa produtividade de sementes, limitando a sua avaliação e adoção em maior escala. Em meados da década de 1970, houve a introdução de um acesso proveniente da Nigéria no Centro Internacional de Agricultura Tropical - Colômbia (CIAT) que apresentou atributos agronômicos e forrageiros adequados ao contexto de solos ácidos e de baixa fertilidade. Este acesso (CIAT 621) foi distribuído para avaliação em vários países da América Latina. Em 1977, este acesso foi introduzido no Brasil (Embrapa Cerrados) para avaliação agronômica e de produção animal. Com resultados experimentais iniciais bastante promissores em sistemas extensivos e elevada resistência às cigarrinhas das pastagens (esses insetos estavam a dizimar as pastagens de *Brachiaria decumbens* e de *Brachiaria ruziziensis* no Cerrado), em 1980, foi lançada pela Embrapa Cerrados a primeira cultivar desta forrageira: *Andropogon gayanus* cv. Planaltina (CPAC 3082 /CIAT 621). A cv. Planaltina foi recomendada para sistemas de produção animal a pasto baseados no baixo uso de insumos e aliava produtividade de forragem de alta aceitabilidade, tolerância a solos ácidos e pobres, tolerância ao fogo, ausência de fotossensibilização nos animais, maior compatibilidade com leguminosas herbáceas e, principalmente, resistência às cigarrinhas típicas das pastagens. Também representou um marco institucional, pois foi a primeira cultivar de forrageira lançada pela Embrapa a qual havia sido criada em 1973.

Naquela mesma época, a população CIAT 621 ('Planaltina') também se destacou em vários países, tendo sido lançada sob várias denominações em 8 países da América Latina no período entre 1983 e 1992. Na Austrália, uma cultivar foi lançada em 1986, porém a partir de outra população. Com os resultados promissores no Brasil e na Colômbia, foram feitas novas introduções de acessos da África no CIAT (Colômbia, 46 acessos) e na Embrapa (Brasil, 20 acessos) em meados da década de 1980, porém nos ensaios de avaliação agronômica (adaptação e produtividade) não superaram a cv. Planaltina.

Em comparação com outras espécies de gramíneas forrageiras, é pequeno o número de acessos de gramíneas forrageiras do gênero *Andropogon* disponíveis nos bancos de germoplasma (Colômbia, 90; Austrália, 42; Brasil, 5). Tendo sido avaliados e não havendo acessos superiores à cv. Planaltina, a variação dentro da cultivar Planaltina (população CIAT 621, alógama e de ampla adaptação) passou a ser a principal fonte de variabilidade genética a ser explorada pelos programas de melhoramento genético. Na Colômbia, o CIAT procurou desenvolver uma cultivar mais tardia e de porte mais baixo, mas as populações melhoradas não suplantaram a cultivar Planaltina (CIAT 621). No Brasil, a Embrapa Pecuária Sudeste conduziu programa de melhoramento voltado para o aumento do vigor e do desenvolvimento inicial de plantas jovens, uma vez que uma das limitações da cv. Planaltina era o estabelecimento lento. Tendo como base genética inicial 26 indivíduos vigorosos (na fase de estabelecimento) da cv. Planaltina e após 3 ciclos de recombinação e de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, foi obtida uma população superior à cv. Planaltina, com maior emergência de plântulas, maior stand e capacidade de competição, maior crescimento (altura) e desenvolvimento de plantas na fase de estabelecimento. Esta população foi registrada e lançada em 1993 como cv. Embrapa-23 Baetí. A cv. Baetí manteve as características produtivas e nutricionais da forragem, bem como a capacidade de rebrotação da cv. Planaltina. Ambas cultivares coexistem no mercado, mas a cv. Planaltina ainda prevalece, uma vez que os diferenciais da cv. Baetí são mais perceptíveis somente no curto prazo (fase de estabelecimento).

Em 2009/2010, a Embrapa Cerrados e unidades parceiras retomaram o programa de melhoramento da espécie, explorando a variabilidade existente na cv. Planaltina, a partir de populações desta cultivar provenientes de vários polos de produção de sementes. Estabeleceu-se como ideotipo plantas com mais folhas (menos hastes), de menor porte, com uma arquitetura mais compacta em uma população mais uniforme e que mantivesse as características positivas da cv. Planaltina (tolerância à seca, solos ácidos, baixa exigência em fertilidade, resistência às cigarrinhas). Adotou-se o como método de melhoramento a seleção massal fenotípica recorrente (visual) de indivíduos. Após 4 ciclos de seleção e de recombinação, estabeleceram-se os ensaios de avaliação agrônômica e de pastejo que demonstraram a superioridade da população melhorada em relação à cv. Planalti-

na. Em 2019, fez-se o registro e a proteção desta população nominada BRS Sarandi, a qual terá seu lançamento e promoção nos próximos anos. A BRS Sarandi apresenta maior proporção e produtividade de folhas e propicia maior (15%) produtividade animal, especialmente no período de transição entre a estação chuvosa e a seca, também coincidindo com o período de florescimento. A cultivar BRS Sarandi tem plantas com maior número de perfilhos, um pouco mais baixas e com maior uniformidade em relação à cv. Planaltina. A partir de 2015, incorporou-se ao programa a seleção genotípica baseada em testes de progênies de meios-irmãos, com recombinações de progenitores visando à síntese de populações superiores, aliando atributos forrageiros (agronômicos) e a qualidade nutricional. Adicionalmente, tem-se procurado desenvolver e validar ferramentas biotecnológicas para uso da seleção genômica visando a diminuir o intervalo entre ciclos e aumentar a acurácia da seleção.

Objetivos

Desenvolvimento de cultivares de *Andropogon gayanus* com alta produtividade de forragem e elevada relação folha/colmo (maior produtividade animal por área) e cultivares com maior valor alimentício (maior produtividade por animal), contribuindo para ganhos incrementais nos sistemas de produção animal a pasto e para a diversificação e sustentabilidade dos mesmos.

Estratégia do programa

Duas estratégias de melhoramento são utilizadas para o desenvolvimento de novas cultivares: Seleção genotípica para formação de populações avançadas superiores e seleção fenotípica de plantas com maior produtividade de forragem, maior valor nutritivo e melhor arquitetura para pastejo. As populações são avaliadas seguindo os protocolos convencionais de desenvolvimento de cultivares forrageiras para pastejo. Nesse processo, vários ensaios de apoio (fertilidade, resistência, sementes, biotecnologia, estresses, agronomia) são conduzidos e os indivíduos, famílias/progênies e populações são analisadas quanto às suas características bromatológicas da forragem, utilizando-se os modelos de predição do valor nutritivo por meio do NIRS.

Previsão de lançamento

O ciclo para o desenvolvimento de uma cultivar de forrageira é longo e variável (8 a 12 anos). No curto prazo, o lançamento e a promoção da BRS Sarandi (TRL Technology readiness level 8) são as ações prioritárias. Para o horizonte de 4 a 8 anos, o programa prevê ativos pré-tecnológicos (marcadores, modelos de predição genômica e modelos NIRS) e tecnológicos (populações avançadas/estabilizadas via seleção fenotípica e genotípica, cultivares e recomendações/práticas agropecuárias associadas), os quais estão em várias escalas de desenvolvimento (TRL 5, 6 e 7).

Perspectiva

O programa de melhoramento de *Andropogon* está dimensionado para o desenvolvimento e liberação comercial de uma nova cultivar a cada 8 a 10 anos, com perfil alinhado às necessidades dos agropecuaristas e com diferenciais mais expressivos em relação às cultivares já existentes.

A curva de adoção das cultivares também é uma curva de aprendizado para as equipes de pesquisa, de transferência e para os parceiros. Espera-se estabelecer um monitoramento da adoção e dos impactos destas cultivares para orientar a estratégia de promoção, em sintonia com os agentes de assistência técnica e o setor de sementes, e captar junto aos produtores rurais os ajustes no perfil das futuras cultivares. O posicionamento das cultivares no mercado (ambiente e sistemas) ainda deve seguir bem circunscrito (*e.g.* sistemas extensivos, atividade de cria), dadas as características marcantes das cultivares desta espécie e à existência de um robusto portfólio de gramíneas forrageiras da Embrapa, de outras espécies, com papéis complementares na propriedade.

Atualmente, a forma de apresentação das sementes (com palha) comercializadas é uma das limitações à adoção e contribuinte para casos de insucesso e riscos no estabelecimento de pastos com capim-andropogon. Assim, além de atributos forrageiros, a busca por novas formas de apresentação das sementes (com menor volume por grama de sementes puras viáveis) deverá ser contemplada para elevação dos padrões de comercialização e da qualidade das sementes, da plantabilidade e redução de riscos no plantio e de custos com frete. Ademais, poderá ampliar as possibilidades

de uso noutros sistemas de produção (sistemas integrados, consórcios) e modalidades de uso (biomassa energética).

Os avanços recentes decorrentes dos ciclos de seleção fenotípica em populações e o conhecimento de progenitores superiores para os principais atributos forrageiros, por meio da seleção genotípica, bem como da magnitude do efeito e da associação entre estes caracteres (atributos) já estão a propiciar maior eficiência ao programa ao possibilitarem a síntese de populações com diferentes perfis de acordo com a relevância que se deseje imprimir à produtividade de forragem, ao valor nutritivo e/ou à morfologia/arquitetura das plantas. Também se espera maior dinâmica e eficácia no programa com os avanços no uso do ferramental biotecnológico.

Importância da continuidade do programa

Nos vários períodos em que o programa esteve ativo, ocorreram expressivas contribuições por meio das cultivares desenvolvidas, sendo que as mesmas eram e são as únicas opções de cultivares tecnicamente viáveis para inúmeros contextos. As forrageiras do gênero *Andropogon* estão entre os três principais gêneros de plantas forrageiras cultivadas no Brasil, seja em relação ao mercado ou à área cultivada. As cultivares de *Andropogon gayanus* reúnem o maior conjunto de atributos forrageiros necessários para os ambientes mais desafiadores em relação ao clima, solo e pragas das pastagens. Seu cultivo é possível em ambientes marginais àqueles adequados à maioria dos cultivares atuais de *Panicum* e *Brachiaria*. Sua expansão está a ocorrer em ambientes com baixa e instável pluviosidade, a exemplo do semiárido nordestino. É, portanto, uma espécie-chave para a diversificação e resiliência de sistemas de produção animal a pasto. Novas cultivares que propiciem incrementos na produtividade animal e que propiciem maior facilidade de manejo e versatilidade de uso ainda são demandas bem tipificadas. Para tanto, a variabilidade genética e a maior base de conhecimento sobre populações e indivíduos são os esteios do programa.

O programa de melhoramento genético tem alinhamento com diretrizes institucionais e com o setor produtivo, pois foi restabelecido na Embrapa Cerrados a partir da sinalização por parte do setor sementeiro e de pecuaristas que apontaram a necessidade e a oportunidade para novas cultivares após um longo hiato sem lançamentos (1980, 1993). Há, portan-

to, compromissos estabelecidos com a promoção e a adoção dos ativos de inovação a serem gerados. Assim, o programa começa e termina no setor produtivo e poderá contribuir com seus ativos (cultivares e práticas associadas) em várias escalas (propriedade a políticas públicas).

Literatura recomendada

ANDRADE, R. P. de; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da; COSENZA, G. W.; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P.; SANZONOWICZ, C. **Recomendações para a formação de pastagens de capim andropogon cv. Planaltina**. 2. ed. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 25).

ANDRADE, R. P. de; SANZONOWICZ, C.; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P. **Recomendações preliminares para a formação de pastagens de capim Andropogon**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1980. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 11).

ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D.; ROCHA, C. M. C. da; GOMES, D. T.; COUTO, W.; COSENZA, G.; MOORE, C. P. **Formação e manejo de pastagens de capim andropogon**. 3. ed. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 34).

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. *Baeti*- Embrapa 23, uma nova cultivar do Capim-Andropogon (*Andropogon Gayanus* Kunth). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 2, p. 204-213, 1995.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. *'Baeti'*, EMBRAPA - 23 uma nova cultivar do capim *Andropogon (Andropogon gayanus Kunth)*. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1994. (EMBRAPA-CPPSE. Boletim de Pesquisa, 1).

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. **Caracterização da cultivar 'Baeti' - EMBRAPA 23 de Capim-Andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth)**. São Carlos, SP: EMBRAPA-CPPSE, 1993. (Embrapa-UEPAE. Comunicado técnico, 10).

BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; FONSECA, C. E. L. da; KARIA, C. T. **Crescimento e valor nutritivo da cultivar forrageira BRS Sarandi (*Andropogon gayanus* Kunth)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2022. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 402).

CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J. **Biomassa de forrageiras tropicais**: potenciais teóricos de produção de energia elétrica e etanol. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 50).

CARVALHO, M. A.; FONSECA, C. E. L. da; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; FERNANDES, F. D.; PESSOA FILHO, M. A. C. de P. BRS Sarandi: a new *Andropogon gayanus* cultivar for tropical pastures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21, n. 3, e37822135, 2021.

CARVALHO, M. A.; FONSECA, C. E. L. da; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; FERNANDES, F. D.; PESSOA FILHO, M. A. C. de P.; MACIEL, G. A.; VERZIGNASSI, J. R.; GUSMAO, M. R.; ANDRADE, C. M. S. de. **BRS Sarandi**: nova cultivar de *Andropogon gayanus* para pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 52).

CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; FONSECA, C. E. L. da; FERNANDES, F. D. **Diversificação de pastagens**: alternativa simples e de baixo custo para a intensificação dos sistemas de produção pecuário. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 188).

COSENZA, G. W. **Resistência de gramíneas forrageiras a cigarrinha-das-pastagens, Deois flavopicta (Stal 1854)**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1981. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 7).

COSENZA, G. W.; ANDRADE, R. P. de; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da. Resistência de gramíneas forrageiras à cigarrinha-da-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 8, p. 961-968, 1989.

FONSECA, C. E. L. da; PESSOA FILHO, M. A. C. de P.; BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; KARIA, C. T.; MACIEL, G. A.; ATHAYDE, N. B.; DESSAUNE, S. N. Near-infrared reflectance spectroscopy as a tool for breeding of *Andropogon gayanus* Kunth for forage quality. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 13, n. 6, p. 57-66, 2020.

KARIA, C. T.; SPAIN, J. M.; CARVALHO, S. I. C. de; VILELA, L. **Efeito das épocas de preparo do solo e do plantio no estabelecimento de pastagens**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 38).

LEITE, G. G.; ANDRADE, R. P. de; RAMOS, A. K. B.; BATISTA; L. A. R. Capim Jaraguá - *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf. - e *Andropogon gayanus* Kunth. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais**: a planta forrageira no sistema de produção. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 225-258.

LEITE, G. G.; COSTA, N. de L.; GOMES, A. C. Épocas de diferimento e utilização de gramíneas cultivadas na região do Cerrado. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 40).

LEITE, G. G.; ZOBY, J. L. F. **Utilização integrada de pastagens de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 6).

MILES, J. W.; GROF, B. Genética y fitomejoramiento de *Andropogon gayanus*. In: TOLEDO, J. M.; VERA, R.; LASCANO, C.; LENNÉ, J. M. (Ed.). ***Andropogon gayanus* Kunth: a grass for tropical acid soils**. Cali, Colombia: CIAT, 1990. p. 21-35.

PESSOA FILHO, M. A. C. de P.; AZEVEDO, A. L. S.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FONSECA, C. E. L. da. **Estimativa do tamanho do genoma em cultivares de capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 372).

SAEZ, R. P.; ANDRADE, R. P. de. **Impactos técnico-científicos de *Andropogon gayanus* en los cerrados de Brasil**. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1990.

THOMAS, D.; ANDRADE, R. P. de. Desempenho agrônômico de cinco gramíneas tropicais sob pastejo na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 8, p. 1047-1051, 1984.

THOMAS, D.; ANDRADE, R. P. de. Evaluacion de germoplasma forrajero em los cerrados de Brasil. In: REUNION DE LA RIEPT, 2., 1982, Cali, Colombia. **Red internacional de evaluación de pastos tropicales: resultados 1979-1982**. Cali, Colombia: CIAT, 1982. p. 27-31.

THOMAS, D.; ANDRADE, R. P. de. The evaluation under grazing of legumes associated with *Andropogon gayanus* in a tropical Savannas environment on the central plateau of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 107, n. 1, p. 37-41, 1986.

THOMAS, D.; ANDRADE, R. P. de; COUTO, W.; ROCHA, C. M. C. da; MOORE, P. *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* cv. Planaltina: principais características forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 347-355, 1981.

TOLEDO, J. M.; VERA, R.; LASCANO, C.; LENNE, J. L. (Ed.). ***Andropogon gayanus* Kunth: un pasto para los suelos acidos del tropico**. Cali, Colombia: CIAT, 1989.



Foto: Fabiano Bastos

CAPÍTULO 33 – Germoplasma e Melhoramento Genético da Mandioca

Josefino de Freitas Fialho, Eduardo Alano Vieira, Maria Madalena Rinaldi, Charles Martins de Oliveira, Francisco Duarte Fernandes e Jorge Cesar dos Anjos Antonini

Introdução e histórico

A mandioca é uma planta perene, cianogênica, pertencente à família Euphorbiaceae e à espécie *Manihot esculenta* Crantz, sendo a única espécie cultivada economicamente entre as 98 que compõem o gênero *Manihot*. Isso porque é a única caracterizada pela capacidade de alocar até 50% da biomassa nas raízes, principalmente na forma de amido ou fécula. Planta alógoma com alta heterozigosidade, favorecida pelos cruzamentos naturais intraespecíficos e propagação vegetativa, resultou em um grande número de variedades com diferentes características morfológicas, permitindo adaptação às diversas condições edafoclimáticas.

O Brasil sendo o principal centro de origem e de dispersão das espécies, possui uma grande variabilidade genética, que precisa ser conservada e estudada. Parte dessa diversidade está sendo conservada em Bancos de Germoplasma, em diferentes regiões no Brasil e no mundo, que são de capital importância para os programas de melhoramento da espécie (Vieira et al., 2013). Assim, a Embrapa Cerrados coordena o Banco Regional de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC), que reúne cerca de 300 acessos, que visa conservar a variabilidade genética da mandioca presente na região do Cerrado brasileiro e serve como fonte de genes para programas de melhoramento genético voltados para as demandas da região.

Neste contexto, após os importantes resultados obtidos no projeto de recursos genéticos, com os estudos da estrutura do germoplasma, caracterizações morfológicas e agrônômicas, evidenciando a existência de variabilidade genética entre e dentro dos acessos de mandioca, para os caracteres de coloração de polpa de raiz, armazenamento de açúcares e teor de amido nas raízes (Vieira et al., 2008a; Vieira et al., 2008b; Vieira et al., 2011), o programa foi direcionado para três linhas de melhoramento: a seleção de cultivares de mandioca de mesa biofortificadas com coloração da polpa das raízes amarelas e rosadas; a seleção de cultivares de mandioca com raízes açúcaradas e a seleção de cultivares de mandioca de indústria.

Objetivos

Seleção de cultivares de mandioca de mesa, de indústria e açúcaradas, adaptadas às condições do cerrado no Brasil central, que atendam às exigências do mercado consumidor.

Estratégias de melhoramento

Visando atender às demandas de mercado para a cultura da mandioca nas condições de cerrado, o programa de melhoramento, da Embrapa Cerrados, está estruturado para atender às três linhas básicas de ativos: mandioca de mesa, mandioca de indústria e mandioca açúcaradas. Sendo cada qual com suas especificidades nos processos de seleção, para atender às características de cada produto final.

Os métodos de melhoramento de mandioca usados na Embrapa Cerrados incluem introdução e a seleção de acessos/variedades/clones de outros programas de melhoramento e as hibridações intraespecíficas, juntamente com a utilização da metodologia de pesquisa participativa, na fase final da seleção dos genótipos, com a participação dos produtores rurais. Dessa forma, no método de Introdução e Seleção de Variedades, são realizadas as fases de: introdução dos genótipos no banco de germoplasma (1º ano); campo de observação e multiplicação das manivas-sementes (2º ano); teste preliminar de produtividade (3º ano); testes avançados de produtividade (4º e 5º ano); ensaios regionais (6º e 7º ano); multiplicação das manivas-sementes e liberação oficial (8º e 9º ano).

Já no método de Hibridações Intraespecíficas, as fases realizadas são: seleção dos genitores no banco de germoplasma; cruzamentos dirigidos (1º ano); famílias F1 “seedlings” (2º ano); campo de observação (3º ano); teste preliminar de produtividade (4º ano); testes avançados de produtividade (5º e 6º ano); ensaios regionais (7º e 8º ano); multiplicação das manivas-sementes e liberação oficial (9º e 10º ano).

Em ambos os métodos, nas fases iniciais até os resultados dos testes avançados de produtividade, os ensaios são conduzidos no campo experimental da Embrapa Cerrados e a partir daí os genótipos selecionados são avaliados em teste regionais ou unidades de pesquisa participativa em áreas de produtores rurais, com a efetiva participação de produtores e dos agentes de desenvolvimento ou de extensão rural, em diferentes condições de cerrado. Em alguns casos especiais, principalmente no método de hibridação, a partir dos resultados dos testes intermediários, os clones podem ser enviados para serem avaliados em outras regiões produtoras, como a centro sul, por exemplo, em parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Cultivares lançadas

Com base nos resultados obtidos pelos dois métodos de melhoramento da cultura da mandioca, foram recomendadas várias cultivares de mandioca de mesa e de indústria, para as condições de cerrado, como a do Distrito Federal e entorno e para a região Centro-Sul do Brasil.

No método de melhoramento de introdução e seleção de cultivares, obteve-se, em 1990, a recomendação, para as condições de cerrado, as

cultivares de mandioca de mesa, com as raízes de polpa branca: IAC 24-2 (Mantiqueira), IAC 352-6 e IAC 352-7 (Jaçanã). Além dessas, foram recomendadas para uso na indústria as cultivares: IAC 12-829, IAC 7-127 (Iracema), Sonora, EAB 81 e a EAB 653 (Figura 43.1). Em 2011, ocorreu a recomendação para as condições do Distrito Federal e entorno, referente a cultivares de mandioca de mesa, com raízes de polpa creme: BRS Moura, BRS Japonesa, Pioneira (IAPAR 19) e a Japonezinha (IAC 576-70) (Figura 33.1).

Da mesma forma, como resultados dos trabalhos de hibridação intraespecíficas, foram geradas as seis primeiras cultivares de mandioca de mesa com raízes de polpa creme (1), amarelas (3) e rosadas (2), para as condições de cerrado, do Distrito Federal e entorno (Figura 33.2). Em 2015, foram recomendadas três cultivares de mandioca, com raízes de polpa amarelas, por serem ricas em beta caroteno, a BRS 396, BRS 397 e BRS 399; uma com raiz de polpa creme a BRS 398 e duas com raízes de polpa rosadas, ricas em licopeno, a BRS 400 e BRS 401. Vale ressaltar que, como resultados dos trabalhos realizados em parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, na região Centro-Sul do Brasil, as cultivares BRS 396 e BRS 399, também foram recomendadas para os estados do Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo; foi recomendada a cultivar de raiz com polpa amarela a BRS 429 para o Distrito Federal e os estados do Paraná e São Paulo.



Fotos: Fabiano Bastos

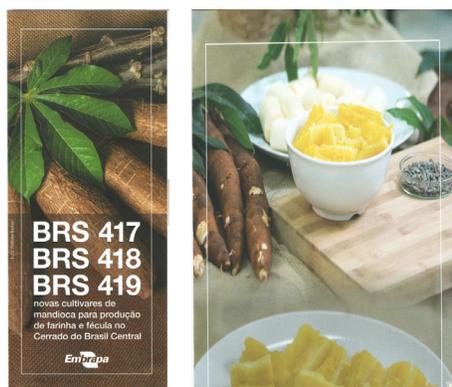
Figura 33.1. Imagem de folderes de cultivares de mandioca de mesa e de mandioca para indústria recomendadas para a região de Cerrado (em 1990) e de mandiocas de mesa recomendadas para o Distrito Federal e Entorno (em 2004).

Da mesma forma, como resultados desse método de melhoramento foram recomendadas as primeiras três cultivares de mandioca para indústria, geradas especificamente para as condições de Cerrado do Brasil Central. Em 2021 foram recomendadas, para as condições de Cerrado dessa região, as cultivares BRS 417, BRS 418 e BRS 419 (Figura 33.3), bem como a cultivar de mandioca de mesa a BRS 429.



Fotos: Fabiano Bastos

Figura 33.2. Imagem de folders de cultivares de mandioca de mesa geradas e recomendadas para o Distrito Federal e Entorno (em 2004).



Fotos: Fabiano Bastos

Figura 33.3. Imagem de folder de cultivares de mandioca de indústrias e de mesa geradas e recomendadas para as condições de Cerrado do Brasil Central, em 2021.

Previsão de lançamento

Em virtude dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos na Embrapa Cerrados e em parceria com a Emater-DF, Emater-MG e Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Botucatu, em breve, haverá a recomendação para as condições de cerrado de uma cultivar de mandioca açucarada, a BRS 438 e a extensão de recomendação de todas as cultivares de mandioca de mesa (BRS396, BRS 397, BRS 398, BRS 399, BRS 400, BRS 401 e BRS 429) e das cultivares de mandioca para indústria (BRS 417, BRS 418, BRS 419 e BRS 420), ou parte delas, para várias regiões do estado de Minas Gerais

Eficiência do programa

Para aumentar a eficiência do programa visando disponibilizar cultivares mais competitivas no mercado, requer continuidade aos trabalhos, que estão sendo desenvolvidos, sempre no sentido de atender às demandas do mercado consumidor e valorizando, cada vez mais, as parcerias que estão sendo realizadas. Da mesma forma, é imprescindível o fortalecimento do apoio da Embrapa, tanto nos aspectos financeiros quanto na disponibilização de mão de obra de assistentes de campo e dos laboratórios, para a realização dos trabalhos.

Importância da continuidade do programa

A cultura da mandioca constitui a principal fonte de carboidrato de cerca de 800 milhões de pessoas no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. Em virtude de sua rusticidade, a mandioca se adapta a diferentes condições edafoclimáticas. Por outro lado, aliada à sua alta heterozigosidade, favorecida pelos cruzamentos naturais intraespecíficos e interespecíficos, a mandioca é uma cultura que pode responder muito bem às mudanças climáticas, sem prejudicar em muito seu potencial de produção de amido, para atender às demandas das diferentes formas de utilização e industrialização. O Brasil, por ser o principal centro de origem e diversificação da espécie, possui uma diversidade imensa, que precisa ser conhecida e explorada, com vistas a responder aos desafios bióticos e abióticos, às necessidades do aumento da produtividade e do aten-

dimento à crescente demanda dos produtos, para o combate à fome e como fonte de renda para as famílias.

Como é do conhecimento, o melhoramento genético constitui o método mais eficiente, do ponto de vista econômico e ambiental, de elevar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas de determinada espécie, por não envolver o aumento da área plantada nem o aumento na utilização de insumos agrícolas. Por meio da seleção de constituições genéticas adaptadas a determinados ambientes, é possível elevar a produtividade sem aumentar o custo de produção (Vieira et. al., 2013). Por consequência, é imprescindível a continuidade dos programas de melhoramento da cultura da mandioca no Brasil.

Referências

- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G. da; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S.; MORAES, S. V. P.; SANTOS FILHO, M. O. S. dos; SILVA, K. N. da. Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1707-1715, 2008b.
- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; SILVA, M. S. Caracterização molecular de acessos de mandioca biofortificados com potencial de uso no melhoramento genético. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 457-463, 2011.
- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S. Recursos genéticos e melhoramento da mandioca. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. (Ed.). **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. 2. ed. ver. amp. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 13-26.
- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; FALEIRO, F. G. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, v. 36, p. 56-67, 2008a.



Foto: Tadeu Gracioli Guimarães

CAPÍTULO 34 – Germoplasma e Melhoramento Genético da Manga

Tadeu Gracioli Guimarães

Introdução e histórico

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma fruteira tropical ($2n = 40$), predominantemente alógama, pertencente à classe Dicotiledônea e à família Anacardiaceae, com origens no sul da Índia e no arquipélago malaio. A dispersão da manga pelo mundo foi iniciada pelos navegadores portugueses e espanhóis. Os portugueses levaram sementes e mudas para a África no século 16, e, posteriormente, as trouxeram para o Brasil (Cunha et al., 2002), inicialmente no estado da Bahia, onde a espécie encontrou excelentes condições edafoclimáticas para seu estabelecimento. Desde então, a sua dispersão foi praticada pelos índios e pelos bandeirantes ao desbrava-

rem o interior do nosso território (Pinto et al., 2005). Atualmente, a manga é cultivada em todas as regiões tropicais, sendo uma das principais frutas produzidas, comercializadas e consumidas no mundo.

A mangicultura é um dos principais segmentos do agronegócio frutícola brasileiro. No ano de 2021, a área plantada e a produção foram de 76 mil hectares e 1,5 milhão de toneladas, respectivamente, posicionando o país como o sétimo maior produtor e o quinto maior exportador mundial de manga (FAO, 2022; IBGE, 2022). A manga é a principal fruta fresca exportada pelo Brasil, atingindo volume exportado de 273 mil toneladas e receita de 248 milhões de dólares no ano de 2021 (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados, 2022). O cultivo comercial da mangueira é atividade econômica importante para a geração de renda e de emprego, principalmente nos estados do nordeste, São Paulo e Minas Gerais. Os principais polos de produção para atender às demandas internas e para a exportação são o Vale do Rio São Francisco (Juazeiro, BA e Petrolina, PE), a região da Chapada Diamantina (Livramento de Nossa Senhora, BA), o Norte de Minas Gerais (Jaíba) e o noroeste de São Paulo (Jaboticabal), além de diversos outros locais com expressão comercial regional e local para os mercados de mesa e de industrialização para a produção de suco, néctar e doces. Além da importância econômica, a mangueira é utilizada na arborização de vias públicas em diversas cidades, parques e residências, servindo como local para nidificação e abrigo para aves e como fonte de alimento para inúmeras espécies de animais.

A mangueira possui porte de médio a alto (10 a 30 m), com copa frondosa, simétrica e geralmente arredondada, e sistema radicular vigoroso e profundo. A folhagem da mangueira é densa, com folhas de coloração verde quando adultas, persistentes, grossas e coriáceas. Possui inflorescências do tipo panícula, de formato cônico ou piramidal, que são formadas a partir de gemas terminais dos ramos maduros de 6 a 9 meses de idade, em número de 600 a 6 mil por planta adulta. Apresentam flores polígamas, no caso, flores hermafroditas e masculinas, em número e proporção bastante variáveis, de cem a mais de 4 mil por panícula. A floração se estende por período variável entre 15 a 25 dias, com elevada taxa de alogamia (fecundação cruzada) devido à ocorrência de dicogamia nas flores hermafroditas, ou seja, os órgãos sexuais amadurecem em períodos diferentes (Figura 34.1). Estas flores apresentam antese noturna, quando somente a parte feminina encontra-se madura. O pólen desta flor somente será liberado no dia se-

guinte, a partir das 12 horas, o que dificulta a autopolinização e favorece a polinização cruzada. Desta forma, a flor da mangueira é fecundada pelo pólen advindo de outras flores da mesma planta ou de outras plantas vizinhas, que são transportados devido à força da gravidade, pelo vento e por insetos (trips e moscas). Ao contrário da maioria das fruteiras, as flores da mangueira são pouco visitadas por abelhas (Simão, 1971).

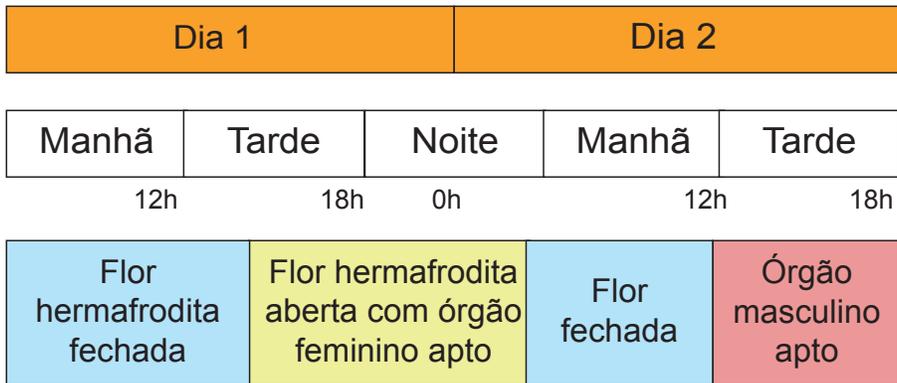


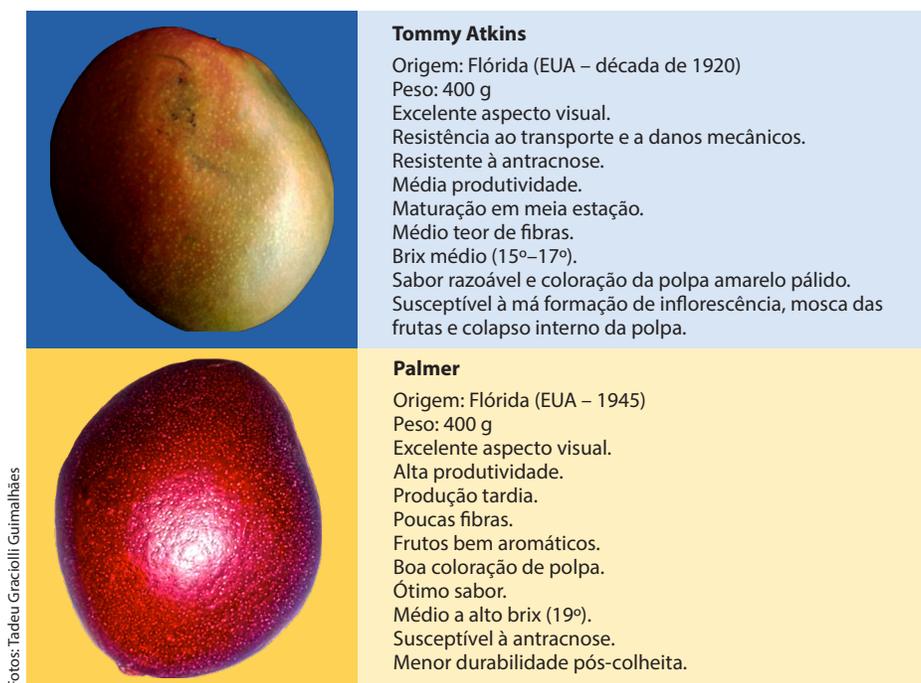
Figura 34.1. Representação esquemática simplificada da biologia floral da mangueira. Fonte: Adaptado de Simão (1971) e Couto (1982).

Os frutos são do tipo drupa de forma oblonga, ovoides ou arredondada, com tamanho, composição e coloração da casca bastante variáveis, com peso variando de 150 até 1.500 g. O ciclo da floração até a colheita varia de 3 a 5 meses, a depender da variedade e das condições edafoclimáticas do local de cultivo.

Todas as cultivares comerciais de manga pertencem à espécie *Mangifera indica* e são divididas em dois grupos em função do seu local de origem e de suas principais características. As cultivares do grupo indiano possuem sementes monembriônicas e provêm de regiões de clima subtropical do subcontinente indiano. Possuem frutos fortemente aromáticos, com casca de coloração avermelhada atraente e susceptíveis à antracnose. Já as pertencentes ao grupo filipínico ou indochinês possuem sementes poliembrionárias e evoluíram na região tropical úmida do sudeste da Ásia. Seus frutos são pouco aromáticos, com polpa fibrosa e casca geralmente verde-amarelada quando maduros. Possuem caroços longos e achatados, e são medianamente resistentes à antracnose (Lima Filho et al., 2002; Pinto et al.,

2002). Por essa razão, as cultivares destes dois grupos apresentam adaptação ambiental diferente (Lima Filho et al., 2002).

Na Índia, onde a manga é cultivada há mais de 4 mil anos, existem mais de 1 mil variedades de manga sendo a Índia o principal centro mundial de dispersão de variedades (Cunha, 2002). Materiais monoembriônicos introduzidos na Flórida se adaptaram muito bem às condições ecológicas locais, fazendo com que, aliado a programas de melhoramento exitosos, a região se tornasse o segundo centro mundial de dispersão de variedades, atrás somente da Índia (Lima Filho, 2002). No Brasil, existe grande variabilidade genética devido à elevada heterozigose dos materiais aqui introduzidos e dos cruzamentos naturais que ocorreram, promovendo a ocorrência de mais de 120 variedades (Pinto et al., 2005). Porém, a base comercial da mangicultura brasileira está alicerçada apenas em algumas poucas cultivares, todas de origem norte-americana, monoembriônicas e de casca avermelhada, com predominância das cultivares Tommy Atkins e Palmer (Figura 34.2), e em menor escala, Keitt e Kent.



Tommy Atkins

Origem: Flórida (EUA – década de 1920)

Peso: 400 g

Excelente aspecto visual.

Resistência ao transporte e a danos mecânicos.

Resistente à antracnose.

Média produtividade.

Maturação em meia estação.

Médio teor de fibras.

Brix médio (15°–17°).

Sabor razoável e coloração da polpa amarelo pálido.

Susceptível à má formação de inflorescência, mosca das frutas e colapso interno da polpa.

Palmer

Origem: Flórida (EUA – 1945)

Peso: 400 g

Excelente aspecto visual.

Alta produtividade.

Produção tardia.

Poucas fibras.

Frutos bem aromáticos.

Boa coloração de polpa.

Ótimo sabor.

Médio a alto brix (19°).

Susceptível à antracnose.

Menor durabilidade pós-colheita.

Figura 34.2. Frutos das cultivares tomy atkins e palmer e suas principais características.

O plantio de grandes áreas de cultivo com poucas cultivares representa situação de risco, pois a ocorrência de praga ou doença com grande potencial patogênico pode ocasionar grandes perdas agrônômicas, financeiras e sociais. Desta forma, o melhoramento genético da manga é uma estratégia que pode ser implementada para aumentar a base genética e ofertar opções de cultivares que reúnam características agrônômicas desejáveis.

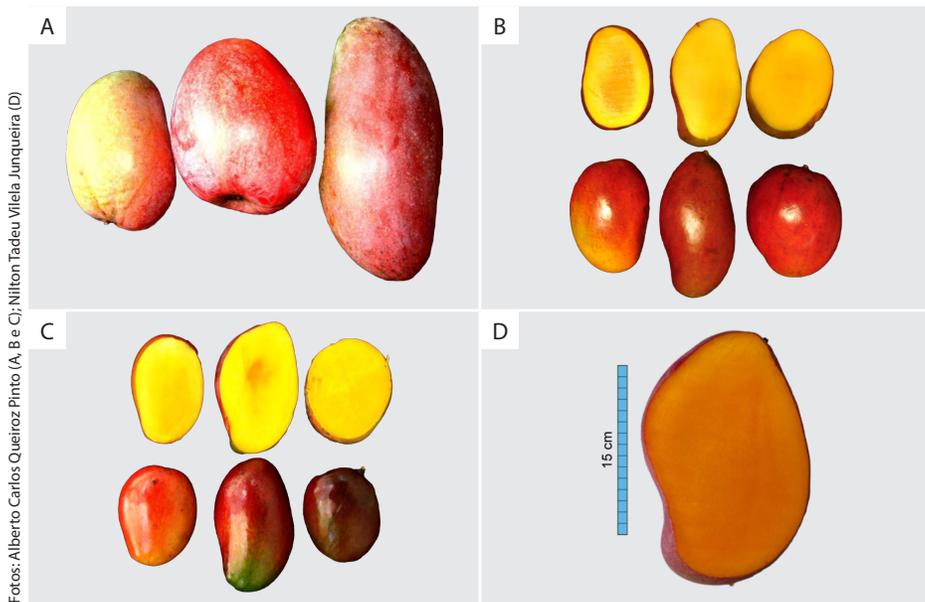
Estratégias de melhoramento

Até a década de 1970, o melhoramento genético da manga no Brasil baseava-se na seleção de variedades feita pelos produtores ou por professores e pesquisadores junto às coleções de variedades nas instituições de ensino e pesquisa, ainda pobres em quantidade e qualidade de material genético. A partir da década de 1970, sob a liderança do pesquisador Alberto Carlos Queiroz Pinto, foi intensificada a introdução de novas cultivares e de espécies do gênero *Mangifera* no banco de germoplasma e nas coleções de trabalho da Embrapa Cerrados, promovendo o enriquecimento e o alargamento da base genética, condições imprescindíveis para o início do programa de melhoramento genético da Embrapa (Pinto et al., 1999).

O trabalho de pesquisa em melhoramento da cultura da manga desenvolvido pela equipe da Embrapa Cerrados teve o objetivo de desenvolver híbridos com elevada capacidade produtiva, melhor qualidade de frutos, produção regular e livre de doenças, com plantas de porte reduzido, visando adaptação às condições dos Cerrados e do Nordeste brasileiro. Cultivares provenientes do Brasil, Índia, África do Sul e dos EUA (Flórida) foram usadas como parentais, e o programa de melhoramento englobou cinco fases: Fase 1 – introdução, avaliação e seleção de cultivares; Fase 2 – hibridação intervarietal; Fase 3 – seleção inicial e caracterização de progênies; Fase 4 – testes regionais; Fase 5 – testes de mercado (Pinto et al., 2002).

Eficiência do programa

Os primeiros resultados deste programa surgiram em 1998 com o lançamento das cultivares híbridas BRS Alfa 142 e BRS Roxa 141. Posteriormente, foram lançadas as cultivares híbridas BRS Beta e BRS Lita no ano de 2000 e a BRS Ômega em 2006 (Pinto et al., 2005). As principais características destas cultivares são descritas a seguir, conforme descrição de Pinto et al. (2002) e Pinto et al. (2005), com algumas imagens mostradas na Figura 34.3.



Fotos: Alberto Carlos Queiroz Pinto (A, B e C); Nilton Tadeu Vieira Junqueira (D)

Figura 34.3. Cultivares e seleções de manga desenvolvidas na Embrapa Cerrados e cultivares comerciais de manga. 'BRS Ômega', 'Celebration e Palmer' (A); 'BRS Lita', 'Palmer' e 'Tommy Atkins' (B); 'Alfa 142', 'Palmer' e 'Tommy Atkins' (C); Material híbrido em avaliação (D).

A BRS Alfa 142 é originária do cruzamento entre as cultivares Mallika (Índia) e Van Dyke (USA – Flórida). Possui porte semi-anão, é resistente ao oídio e à antracnose, apresenta baixa incidência de malformação e alta produtividade. Apresentam frutos de polpa bastante firme, com brix de 17%.

A cultivar BRS Roxa 141 é proveniente de cruzamento entre Amrapali (Índia) e Tommy Atkins (USA – Flórida) totalmente desprovida de fibra, muito doce (brix de 19 a 20%), porém, é susceptível à antracnose e à má formação floral.

As cultivares BRS Lita e Beta são muito produtivas e possuem características excelentes para consumo fresco e processamento na agroindústria. A variedade BRS Beta é resultante do cruzamento entre Amrapali (Índia) e Winter (USA – Flórida). O fruto possui peso médio de 310 g, formato arredondado, com brix elevado (24%).

A cultivar BRS Ômega apresenta frutos de casca vermelho-arroxeadada, com polpa amarelo-escuro, tamanho médio de 250 g, baixas incidências de má formação floral e de colapso interno da polpa. Apresenta excelente sabor de polpa e doçura (brix de 21%).

Atualmente, o Banco de Germoplasma de Manga da Embrapa Cerrados possui cerca de 64 acessos e inúmeros materiais híbridos, sendo mantida em condições de cultivo a campo, com irrigação (Figura 34.4).



Fotos: Iadeu Gracioli Guimarães

Figura 34.4. Aspecto visual de plantio experimental e mangueiras em florescimento no BAG de Manga.

Importância da continuidade do programa

Os trabalhos de avaliação de híbridos continuam a ser conduzidos. Um experimento foi instalado em dezembro/2020 com o plantio de 20 híbridos selecionados de 450 cruzamentos realizados na década de 2000, com quatro testemunhas (Tommy Atkins, Palmer, Amrapali e BRS Roxa 141), nos quais, serão avaliados os seguintes parâmetros: época e duração da floração, ocorrência e severidade de pragas (mosca-das-frutas), doenças (Antracnose), desordens fisiológicas (má formação floral e colapso interno da polpa), duração de ciclo produtivo, produtividade, características físicas, químicas e qualitativas dos frutos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. Dados de Exportação em 2021. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/02/dados-de-exportacao-em-2021/>. Acesso em: 17 de out. 2022.

COUTO, F. A. A. Melhoramento da mangueira. **Informe Agropecuário**, v. 8, n. 86, p. 9-11, 1982.

CUNHA, G. A. P. da; PINTO, A. C. de Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 31-36.

FAO. **Major tropical fruits**: Statistical Compendium 2021. Rome, 2022.

IBGE. **Produção de Manga**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/manga/br>. Acesso em: 17 out. 2022.

LIMA FILHO, J. M. P.; ASSIS, J. S.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, G. A. P.; CASTRO NETO, M. T. Ecofisiologia. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 37-40.

PINTO, A. C. de Q.; SOUZA, V. A. B. de; ROSSETTO, C. J.; FERREIRA, F. R.; COSTA, J. G. da. Melhoramento genético. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 51-92.

PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. New varieties and hybrid selections from mango hybridization program in central region of Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 509, p. 201-211, 1999.

PINTO, A. C. de Q.; BRAGA, M. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, V. H. V.; FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; CORDEIRO, M. C. R.; DIAS, J. N.; LAGE, D. A. da C. **Programa de melhoramento genético da manga e a nova cultivar BRS Ômega para o cerrado brasileiro**. Embrapa Cerrados, 2005. (Embrapa Cerrados, Comunicado Técnico, 117).

SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres. 1971.



Fotos: Allan Kardec Braga Ramos

CAPÍTULO 35 – Melhoramento Genético de Leguminosas Forrageiras

Allan Kardec Braga Ramos

Gustavo José Braga

Francisco Duarte Fernandes

Introdução e histórico

As leguminosas forrageiras são utilizadas em sistemas pecuários com os propósitos de aportar nitrogênio, por meio da fixação simbiótica, reciclar nutrientes, disponibilizar forragem de maior qualidade/valor nutritivo e promover maior conversão da forragem em proteína animal pelos herbívoros. Assim, podem contribuir para a produtividade animal e a sustentabilidade de sistemas pastoris com um menor custo, em comparação com fontes convencionais de nitrogênio mineral para nutrição das plantas e de

proteína para alimentação animal. Também são funcionalmente relevantes para a diversidade da fauna e de microrganismos do solo envolvidos em processos biológicos mitigadores de impactos ambientais, bem como no manejo de problemas fitossanitários. Da mesma forma, podem ser ambientalmente úteis em decorrência de melhorias no funcionamento do rúmen e do maior desempenho animal, com uma pecuária de ciclo mais curto e menor emissão de metano por unidade de produto (carne ou leite). Portanto, são plantas versáteis, de usos múltiplos (sistemas, espécies e categorias animais), poupadoras de insumos e de energia, com forte apelo ambiental, ecológico e econômico.

No Cerrado, sistemas extensivos com pastos consorciados com gramíneas podem ter a taxa de lotação, a produtividade e o desempenho animal aumentados em até 10, 50 e 40%, respectivamente, com aporte de nitrogênio de até 250 kg N/ha, conforme as forrageiras associadas, categoria animal e estação do ano consideradas. Paradoxalmente, a despeito destes benefícios, a adoção de leguminosas forrageiras é bastante restrita e menos de 1% das pastagens tropicais no Brasil têm leguminosas em sua composição. Em geral, tem-se uma grande expectativa estabelecida pelos usuários da tecnologia diante de tantos benefícios potenciais. Há, portanto, uma grande oportunidade para tecnologias baseadas em leguminosas para o aumento da produtividade animal em sistemas extensivos, com menor taxa de lotação, e no restabelecimento da capacidade produtiva de pastos degradados pela falta de adubação nitrogenada. No entanto, considera-se baixo o conhecimento dos produtores acerca dos melhores contextos para o uso e da necessidade de práticas de manejo (sentido amplo) e de monitoramento associadas aos pastos consorciados e, principalmente, das limitações morfofisiológicas e das características adaptativas das poucas cultivares de recomendação ampla existentes no mercado. Adicionalmente, a dinâmica da geografia das áreas com pastagens extensivas (ambientes marginais), a segmentação/especialização crescente na pecuária, o lançamento de novas gramíneas forrageiras, a reconsideração acerca da persistência e dos benefícios/serviços das leguminosas nas pastagens e a relevância do preço das sementes e outros insumos (como facilitadores da adoção) são aspectos demandantes e orientadores no desenvolvimento e validação de cultivares mais especializadas para a intensificação sustentável da pecuária no Cerrado. Uma outra grande oportunidade para o de-

envolvimento de novas cultivares é o uso como planta de cobertura em sistemas agrícolas (consórcio, sucessão, fitoremediadora, ILP). Como plantas forrageiras, trazem para os sistemas agrícolas outras possibilidades de uso (pastejo, fenação) e de intensificação inexistentes com o uso de outras leguminosas (ex. *Crotalaria*)

O banco ativo de germoplasma forrageiro (BAGF) da Embrapa Cerrados foi constituído a partir de expedições de coleta, introduções e intercâmbio com instituições do Brasil e do exterior, com destaque para o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Ele é multigenérico, dado o caráter inicial e exploratório das pesquisas com forrageiras para o Cerrado e à diversidade de ambientes e de contextos do bioma. Estabeleceu-se com ênfase nas espécies nativas, especialmente as leguminosas por conta da diversidade existente no bioma e pelo potencial para suplantiar a escassez de forragem de qualidade na época seca (e.g. proteína) e aportar nitrogênio para o sistema solo-planta-animal. Atualmente, o BAGF possui algumas das maiores coleções de forrageiras no âmbito da Embrapa (~2.100 acessos), sendo que aproximadamente 80% dos acessos são de leguminosas, com destaque para espécies nativas de *Stylosanthes* spp. Entre as leguminosas, houve a introdução de acessos de leguminosas arbustivas que, em geral, são mais produtivas, resistentes ao pastejo e com maior capacidade de competição por luz, quando em consórcio. No passado, o número de acessos era maior, mas foi diminuído por conta da descentralização de algumas coleções, do menor potencial forrageiro e da pequena variabilidade para algumas espécies e da criação de programas de melhoramento noutras unidades da Embrapa (ex. *Arachis*, *Paspalum*, *Brachiaria*). Atualmente os gêneros de leguminosas mais expressivos e exclusivos da Embrapa Cerrados são *Calopogonium*, *Neonotonia*, *Macroptilium*, *Desmodium*, *Centrosema*, *Cratylia*, *Pueraria*, *Cassia* (*Chamaecrista*) e *Zornia*.

Nos anos iniciais após à criação da Embrapa Cerrados até o final dos anos 1990, os diversos ensaios de avaliação agrônômica e de adaptação envolveram coleções multigenéricas ou multiespecíficas visando à seleção de acessos promissores com base na produtividade de forragem, valor nutritivo, estacionalidade da produção, tolerância a doenças e pragas e produtividade de sementes. A compatibilidade com gramíneas e a persistência sob pastejo também foram avaliados para acessos superiores de leguminosas. Além da avaliação e seleção de acessos, alguns pro-

gramas de melhoramento foram localmente conduzidos após iniciação noutras instituições e migração para a Embrapa Cerrados (*Centrosema*, *Stylosanthes*, *Leucaena*, *Panicum*) ou em apoio a unidades da Embrapa (*Arachis*, *Cajanus*, *Medicago*, *Stylosanthes*). A partir dos anos 2000, fez-se a priorização das espécies chaves para o desenvolvimento de cultivares de leguminosas forrageiras (*Stylosanthes* spp.) com base no estoque de conhecimento acumulado sobre o germoplasma, na variabilidade genética disponível, no perfil dos sistemas de produção alvos, no estágio avançado de avaliação de candidatos a cultivar (*Leucaena*), na sinalização do mercado/parceiros, bem como na capacidade de atuação (tamanho da equipe e recursos) frente à reativação de outros programas (*Andropogon*) na unidade e à descentralização/implantação de programas noutras unidades da Embrapa. Pôs-se foco na busca de cultivares mais especializados para contextos de maior demanda e/ou impacto. Assim, fez-se o aprofundamento da caracterização morfológica, agrônômica e molecular de *Stylosanthes* spp. e na finalização de experimentos de apoio e de pastejo que pudessem suportar o lançamento de uma cultivar de *Leucaena* (HB11x25). Mesmo assim, a Embrapa Cerrados seguiu apoiando programas de melhoramento de leguminosas de outras unidades (*Arachis pintoi* – Embrapa Acre; *Cajanus* – Embrapa Pecuária Sudeste; *Stylosanthes* spp. – Embrapa Gado de Corte; *Cratylia* – Embrapa Gado de Leite), com atuação complementar visando a selecionar melhores progenitores, conhecer a magnitude da interação genótipo x ambiente e suportar recomendações quanto à adaptação e resposta a estresses mais severos (seca, doenças), bem como em temas mais específicos (sementes, fertilidade).

Os vários programas de melhoramento genético da Embrapa em que a Embrapa Cerrados é protagonista (*Stylosanthes*, *Leucaena*) ou colaboradora (*Stylosanthes*, *Arachis*, *Cajanus*, *Cratylia*) contemplam vários atributos forrageiros (produtividade de forragem, sementes, valor nutritivo, adaptação clima/solo, compatibilidade, pragas e doenças, usos alternativos/planta de cobertura), cuja ênfase varia conforme a espécie. Os programas encontram-se em vários estágios do melhoramento *per se* (seleção de acessos/progenitores, cruzamentos, avanço de gerações e avaliação/seleção de linhagens) e da avaliação nos ensaios de competição (ensaios sob corte, ensaios de pastejo, ensaio de apoio). Nas leguminosas, em geral, maiores ênfases têm recaído sobre a produtividade de sementes e resistência a doenças.

Em 1983, foram lançadas as primeiras cultivares de leguminosas forrageiras pela Embrapa: *Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante e *Stylosanthes macrocephala* cv. Pioneiro. Também foram marcos associados ao trabalho da Embrapa Cerrados. Eram cultivares desenvolvidas a partir da seleção de acessos provenientes de coletas realizadas no Cerrado, destacavam-se pela produtividade de forragem, tolerância à antracnose e aos solos ácidos de baixa fertilidade. A cv. Bandeirante apresentava tolerância à seca, de florescimento mais tardio, baixa estacionalidade na produção de forragem e resistente à antracnose. A cv. Pioneiro era mais precoce, resistente à antracnose e com maior produtividade de sementes.

Em 1993, por meio da seleção de acessos, foi lançado o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão que apresentava porte mais alto que as cultivares anteriores, se destacava pela ampla adaptação aos solos ácidos e de baixa fertilidade do Cerrado, com elevada produtividade de forragem, baixa estacionalidade na produção, florescimento tardio e extremada tolerância à seca e resistência à antracnose. Infelizmente, a baixa produtividade de sementes nas cultivares de *S. guianensis* tardios (cv. Mineirão e Bandeirante) limitaram a adoção destas cultivares, dado o preço elevado das sementes e o menor interesse do setor sementeiro.

Em 2000, houve o lançamento da mistura multilinha *Stylosanthes capitata* + *S. macrocephala* cv. Campo Grande pela Embrapa Gado de Corte. Possui adaptação a solos mais arenosos, com alta produtividade de sementes e capacidade de ressemeadura natural. As linhagens das duas espécies foram selecionadas pela maior produtividade de forragem, resistência à antracnose e produção de sementes. A mistura das linhagens visa a dificultar a superação da resistência à antracnose. Teve expressiva adoção por conta do menor preço de suas sementes e de ações de promoção por empresas do setor. Segue sendo comercializado, com recomendação bem definida para ambientes com seca menos prolongada e solos arenosos.

Em 2007, a Embrapa Pecuária Sudeste fez o lançamento da primeira leguminosa arbustiva: *Cajanus cajan* cv. Mandarin. Versátil, produtiva e com ampla adaptação aos biomas Cerrado e Mata Atlântica, tem fácil implantação e vem sendo usada com sucesso na recuperação de pastagens e traz facilidade do manejo do consórcio em decorrência de seu porte alto e da baixa palatabilidade nas águas. Tem alta resistência ao pastejo, mas tem ciclo de vida bienal.

Em 2010, a Embrapa Acre fez o lançamento do *Arachis pintoi* cv. Mandobi. Com elevada persistência e alto valor alimentício, proporciona maior desempenho animal na estação chuvosa, diferentemente da maioria das leguminosas forrageiras tropicais. Embora não pereça, idealmente deve ser cultivado em ambientes com uma curta estação seca (< 4 meses). Altamente prolífico, dada a forma de produção, suas sementes têm um custo elevado em comparação com aquelas de outras espécies forrageiras. A grande persistência e a possibilidade de propagação vegetativa ou do cultivo em faixas são atenuantes ao maior custo de implantação.

Em 2019, fez-se o lançamento da mistura *S. guianensis* cv. Bela (BRS Grof 1463 + BRS Grof 1480), adaptado a solos mais argilosos e ambientes com seca mais prolongada, aliando alta produtividade de forragem e de sementes, com resistência à antracnose, ampliada pela mistura física de suas linhagens resistentes. Tem adaptação mais ampla que o cv. Campo Grande, mas com sementes de maior custo. Com alta produtividade de sementes, é a alternativa desenvolvida pela Embrapa com a missão de ocupar o mercado deixado pelo cv. Mineirão.

Atualmente, entre as cultivares Embrapa com sementes comercializadas no mercado, os *Stylosanthes* têm como características a maior taxa de multiplicação (menor tamanho das sementes) e a adaptação a solos de baixa fertilidade, diferenciando-se conforme a textura do solo e o regime hídrico. Por sua vez, *Cajanus cajan* cv. Mandarin traz facilidade para o plantio e o manejo do pastejo e da competição por causa do maior tamanho das sementes e porte arbustivo, respectivamente. O amendoim-forrageiro cv. Mandobi diferencia-se pela persistência, valor alimentício e acentuada estacionalidade. Preconiza-se, então, que estas características e diferenças presentes nas cultivares sejam explorados de forma complementar (no espaço e no tempo) por meio do uso em consórcio, preferencialmente, ou em monocultivo como bancos de proteína para a diversificação produtiva e ecológica.

Objetivos

Desenvolvimento de cultivares de leguminosas para sistemas de produção animal do Cerrado, mais especializadas (ambientes e usos), com maior produtividade animal e de forragem, aliando persistência, fixação

simbiótica de nitrogênio, resistência a pragas e doenças, capacidade de competição, maior valor alimentício e alta produtividade de sementes.

Desenvolver cultivares de leguminosas para uso em sistemas agropastoris (duplo propósito ou exclusivamente agrícola) do Cerrado com maior capacidade de cobertura do solo e acúmulo de biomassa, baixa interferência nos consórcios, alta fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes, alta produtividade de sementes e que sejam úteis no manejo de pragas e doenças nas áreas de cultivos anuais (rotação e consórcios).

Estratégia do programa

A estratégia varia conforme a espécie, a variabilidade genética disponível, o estágio de conhecimento e de exploração do germoplasma, os atributos forrageiros mais relevantes e os sistemas pastoris e agrícolas priorizados. Abrangem desde a seleção fenotípica de acessos e de plantas superiores, cruzamentos intra e interespecíficos com avanços de gerações, seleção massal e melhoramento populacional ou de linhagens para a formação cíclica de coleções de trabalho para avaliação. Ensaios em rede são conduzidos para avaliação da interação genótipo x ambiente e experimentos sob pastejo são realizados para avaliação da produtividade animal, persistência e estabilidade das leguminosas nas pastagens. No processo de seleção de genótipos superiores, ensaios de apoio são realizados para avaliação da resistência a pragas e doenças, além da produtividade de sementes.

Previsão de lançamentos

O ciclo para o desenvolvimento de uma cultivar de forrageira é bastante longo. Embora não exista a obrigatoriedade dos ensaios de valor de cultivo e uso para a maioria das leguminosas forrageiras tropicais, a Embrapa adota o protocolo convencional abrangendo experimentos sob regime de corte e sob pastejo, pois a persistência/resistência ao pastejo ainda é um atributo relevante. Isso implica 8 a 12 anos para o desenvolvimento de uma cultivar.

No curto prazo (4 a 6 anos), há cultivares de *Stylosanthes guianensis* em estágio mais avançado de desenvolvimento pela Embrapa Cerrados com foco em sistemas agrícolas e pecuários. Também há um híbrido de *Leucaena* (HB11 x 25) com maior tolerância a solos ácidos que necessita ser

finalizado para fins de registro e lançamento, cujo programa de melhoramento está suspenso. E, em parceria com outras unidades da Embrapa, há cultivares de *Cajanus* (Embrapa Pecuária Sudeste, cv. BRS Guatã), de *Arachis* (Embrapa Acre, cv. BRS Oquira) e de *S. guianensis* e de *S. capitata* (Embrapa Gado de Corte) em desenvolvimento. Há uma cultivar de *Cratylia argentea* (Embrapa Gado de Leite, BRS Ceci) com potencial para lançamento, cujo programa de melhoramento está suspenso.

Além das cultivares *per se*, uma série de recomendações práticas e de processos para a produção animal ou de sementes são desenvolvidos como ativos tecnológicos em apoio ao cultivo e uso destas leguminosas.

Perspectivas

Os programas de melhoramento de leguminosas forrageiras não têm a mesma envergadura e disponibilidade de recursos dos programas de melhoramento de gramíneas forrageiras. Todavia, encontram-se extremamente focados e com perspectivas promissoras em decorrência do maior conhecimento acerca dos materiais genéticos e do mercado. A interação das equipes com setores da agropecuária, inclusive o de sementes, tem possibilitado realinhamentos para que as futuras cultivares tenham maior adoção e impacto. É importante considerar o conjunto dos programas e de seus produtos (portfólio) para notarmos a diversidade de perfis das cultivares que, com suas especificidades, poderão funcionalmente atender de forma complementar às necessidades de sistemas agropastoris de vários níveis tecnológicos, impactar ao longo de todo o ano (estação chuvosa e seca), nas várias fases da criação (cria, cria e engorda) em ambientes com variados agentes estressores.

Se o nível de adoção das cultivares ainda é baixo nos sistemas pastoris, espera-se atenuar este cenário com a chegada de novas cultivares por meio do mérito agrônomo e zootécnico das mesmas e com o auxílio e capilaridade de parceiros do setor de sementes. A expansão dos sistemas de base agroecológica, assim como o alto custo de fertilizantes nitrogenados e de suplementos alimentares, com relações de troca insumo-produto pouco favoráveis, ainda são fortes apelos ao uso de leguminosas. Destaca-se ainda que as espécies de maior relevância (*Stylosanthes* spp.) são nativas da flora

brasileira e as cultivares em desenvolvimento são de espécies bem conhecidas pelos pecuaristas e agentes de extensão.

Atualmente, mais de 3 mil hectares de campos de produção de sementes de *Stylosanthes* são registrados anualmente, sendo basicamente de uma única cultivar, superando em área algumas cultivares de gramíneas forrageiras. Todavia, uma grande oportunidade para o desenvolvimento ou validação de cultivares será o uso de leguminosas forrageiras como plantas de cobertura voltadas para fixação e reciclagem de nutrientes e, principalmente, para o manejo de problemas fitossanitários (e.g. nematoides, insetos) nas áreas agrícolas. Como são poucas as alternativas de plantas de cobertura funcionalmente ativas para o controle de pragas e doenças de plantas e, em geral, são de propósito específico, uma leguminosa forrageira trará mais flexibilidade de uso (pastejo, fenação) para a biomassa acumulada. Além disso, há a oportunidade de inserção de novas cultivares na composição de misturas (mixes) de plantas de cobertura. Como de múltiplos serviços, algumas características agronômicas das atuais cultivares forrageiras passam a ter menor importância relativa e outras necessitarão ser incorporadas ou reconsideradas. Isso implicará reavaliação do germoplasma e progenitores sob esta nova perspectiva.

Reconhece-se que existem inúmeros entraves, inclusive de ordem agronômica, à adoção em maior escala de algumas das atuais cultivares de leguminosas. Todavia, a disponibilidade e o preço das sementes são compreendidos atualmente como os maiores entraves. Nesse sentido, a produtividade de sementes passou a ser uma das principais características avaliadas e melhoradas no desenvolvimento de novas cultivares de leguminosas forrageiras.

A exemplo das cultivares de gramíneas forrageiras, a adoção das leguminosas também é uma curva de aprendizado para as equipes de pesquisa e parceiros. Espera-se estabelecer um monitoramento da adoção e dos impactos das novas cultivares para orientar a estratégia de promoção, em sintonia com os agentes de assistência técnica e o setor de sementes, e captar junto aos produtores rurais os ajustes no perfil das futuras cultivares. Também se espera maior dinâmica e eficácia na execução dos programas com os avanços no uso do ferramental biotecnológico.

Importância da continuidade do programa

A maioria dos programas de melhoramento de leguminosa forrageiras da Embrapa são únicos no país e no mundo. Envolve espécies nativas principalmente e um grande acervo de conhecimento sobre o germoplasma. Nos vários períodos em que os programas experimentaram maior dinamismo houve a oferta correspondente de cultivares, em geral, de ampla adaptação e generalistas. A despeito do menor tamanho do mercado, em comparação com as gramíneas forrageiras, as cultivares de leguminosas da Embrapa sempre foram as prevalentes, tanto pelo mérito zootécnico, como pelo pioneirismo e dimensão de seu mandato institucional. No entanto, o surgimento de novas modalidades de uso em decorrência de problemas fitossanitários e da necessidade de maior eficiência no uso dos insumos e recursos naturais, abrem-se novas perspectivas para as atuais e futuras cultivares.

As cultivares de leguminosas forrageiras são tecnologias indicadas para a maioria dos sistemas de produção animal a pasto, uma vez que pelo aporte de nitrogênio no sistema solo-planta-animal, reposicionam em outro patamar a produtividade animal e a vida útil das pastagens. Por conta disso, podem ser tecnologias de suporte a políticas públicas e programas de desenvolvimento econômico e social. Ademais, as leguminosas são tecnologias poupadoras de insumos e de manejo sanitário do solo, com forte apelo ambiental e econômico. Atualmente, com poucas opções de cultivares para uso forrageiro ou como planta de cobertura, somente com a prospecção e o melhoramento genético de leguminosas poder-se-á assegurar a sustentabilidade e a competitividade das atividades agropecuárias.

Referências

ANDRADE, R. P. de. **Produção de sementes de *Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 65).

ANDRADE, R. P. de. **Produção de sementes de *Stylosanthes macrocephala* cv. Pioneiro**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 66).

ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D. Desenvolvimento de práticas de manejo para produção de sementes de *S. guianensis* "tardios". In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985**. Planaltina, 1987. p. 364-368.

ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D.; FERGUSON, J. E. Seed production of pasture species tropical savanna region of Brazil. I. Legumes. **Tropical Grasslands**, v. 17, n. 2, p. 54-59, 1983.

ASSIS, G. M. L. de; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. de. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 1, n. 1, p. 39-41, 2013.

BARCELLOS, A. de O. **Avaliação agrônômica de híbrido de *Leucaena* e sua qualidade em associação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Jaboticabal: UNESP, 2005.

BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; KARIA, C. T.; VILELA, L. Potencial e uso de leguminosas forrageiras do gênero *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais: a planta forrageira no sistema de produção**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 297-357.

BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; ZOBY, J. L. F.; VILELA, L. **Bancos de proteína de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**: maneira simples de baixo custo para fornecer proteína ao gado na seca. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 14).

BARCELLOS, A. de O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008. Suplemento.

BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L. **Restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens por meio de introdução de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 65).

BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; FONSECA, C. E. L. da; FERNANDES, C. D. **Ganho de peso de bovinos nelore em pastagens consorciadas com replantio do estilosantes BRS Bela**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 368).

BRAGA, G. J.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FONSECA, C. E. L. da; FERNANDES, F. D.; FERNANDES, C. D. Liveweight gain of beef cattle in *Brachiaria brizantha* pastures and mixtures with *Stylosanthes guianensis* in the Brazilian Savannah. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 2, p. 206-215, 2020.

CARVALHO, M. A.; QUESENBERY, K. H. Agronomic evaluation of *Arachis pintoi* (Krap. and Greg.) germplasm in Florida. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 233, p. 19-29, 2012.

CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B.; KARIA, C. T.; FERNANDES, F. D.; BRAGA, G. J. Biodiversity and genetic resources of forage legumes in Brazil. **Legume perspectives**, n. 17, p. 47-51, 2019.

CASTRO, C. M.; WAGNER, C. M.; VALLS, J. F. M.; KARIA, C. T. Morphological traits as variety descriptors of *Arachis pintoi*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 278-285, 2007.

CHAKRABORTY, S. (Ed.). **High-yielding anthracnose-resistant *Stylosanthes* for agricultural systems**. Canberra: CSIRO: ACIAR, 2004.

COSTA, N. M. de S. **Revisão do gênero *Stylosanthes* Sw**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

EMBRAPA CERRADOS. **Estabelecimento e utilização do estilosantes Mineirão**. Planaltina, DF, 1998. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 74).

EMBRAPA GADO DE CORTE. **Cultivo e uso do Estilosantes-Campo-Grande**. Campo Grande, MS, 2007. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 105).

ESTILOSANTES Bela: novo aliado da agropecuária brasileira. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2019. Fôlder.

FERNANDES, C. D.; GROF, B.; RESENDE, R. M. S.; VERZIGNASSI, J. R.; MIRANDA, C. H. B. Estilosantes Campo Grande: an economical and environmental success forage legume for the tropics. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 21.; INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 8., 2008, Huhhot, China. **Multifunctional grasslands in a changing world: proceedings**. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2008. v. 2. p. 337.

GROF, B.; FERNANDES, C. D.; ALMEIDA, C. B.; SANTOS, A. V. dos. Development of a multicross cultivar of *Stylosanthes* spp. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS [ELECTRONIC RESOURCE]: GRASSLANDS 2000, 18., 1997, Winnipeg and Saskatoon, Canada. **Proceedings**. Grasslands, Canada: Canadian Forage Council, 1999.

GROF, B.; FERNANDES, C. D.; FERNANDES, A. T. F. New *Stylosanthes guianensis* for tropical grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Grassland ecosystems: an outlook into the 21st century: proceedings**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia: FEALQ, 2001. p. 526-527.

HUTTON, E. M. **Forage improvement 1986 and 1987 consultancies**: consultant final report: IICA/EMBRAPA-PROCENSUL II. Brasília, DF: IICA: EMBRAPA, 1987.

HUTTON, E. M.; SOUSA, F. B. de. Collecting and breeding legumes for Brazilian tropical pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto, Japan. **Proceedings**. Nishi-Nasuno: The Science Council of Japan: The Japanese Society of Grassland Science, 1985. p. 217-219.

KARIA, C. T. **Caracterização genética e morfoagronômica de germoplasma de *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) SW**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de. Avaliação preliminar de espécies forrageiras no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados: perspectivas futuras. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 471-475.

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de; CHARCHAR, M. J. D'Á.; GOMES, A. C. **Caracterização morfológica de acessos do gênero *Stylosanthes* no banco ativo de germoplasma da Embrapa Cerrados**: coleção 1994/1995. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 72).

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de; FERNANDES, C. D.; SCHUNKE, R. M. Gênero *Stylosanthes*. In: FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.

KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de; FERNANDES, C. D.; SCHUNKE, R. M.; CARVALHO, M. A.; BRAGA, G. J. Gênero *Stylosanthes*. In: FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2021. Cap. 12.

PIZARRO, E. A.; CARVALHO, M. A.; RAMOS, A. K. B. Introduccion y evaluacion de leguminosas forrajeras arbustivas en el cerrado brasileno. In: TALLER DE TRABAJO SOBRE CRATYLIA, 1995, Brasília. **Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera**: memorias. Cali: CIAT, 1995. p. 40-49.

PIZARRO; E. A.; CARVALHO, M. A. Cerrado: introduccion y evaluacion agronomica de forrajeras tropicales. In: REUNION SABANAS, 1., 1992, Brasília, DF. **Red Internacional de Evaluacion de Pastos Tropicales - RIEPT**. Brasília: EMBRAPA-CPAC / [Cali]: CIAT, 1992. p. 1-68.

RAMOS, A. K. B.; BARCELLOS, A. de O.; FERNANDES, F. D.; CARVALHO, M. A.; ASSIS, G. M. L. de. Amendoim-forrageiro (*Arachis spp.*). In: FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2021. Cap. 8.

RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; FERNANDES, F. D.; SOARES, J. P. G.; CARVALHO, M. A. Novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS PARA ALIMENTAÇÃO DO GADO NA SECA, 2., 2017, Barreiras. **Anais...** Barreiras: Universidade do Estado da Bahia, 2017. p. 1-37.

RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; MACIEL, G. A.; SOARES, J. P. G.; FONSECA, C. E. L. da; FERNANDES, F. D.; FERNANDES, C. D.; CARVALHO, M. A. Agronomic evaluation of high seed yield genotypes of *stylosanthes guianensis* for clayed soils in cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 28., 2018, Goiânia. **Construindo saberes, formando pessoas e transformando a produção animal**: anais eletrônicos. Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2018.

RAMOS, A. K. B.; KARIA, C. T.; ANDRADE, R. P. de. Avaliação agrônômica de uma amostra nuclear de "*Stylosanthes guianensis*" em quatro ambientes com pastagens degradadas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006.

RECOMENDAÇÕES para estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC; Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPGC, 1993. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 67; EMBRAPA-CNPGC. Comunicado Técnico, 49).

RESENDE, R. M. S.; RESENDE, M. D. V. de; JANK, L.; VALLE, C. B. do; CANÇADO, L. J.; CHIARI, L. Melhoramento genético de leguminosas forrageiras. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (Ed.). **Melhoramento de forrageiras tropicais**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 117-159.

SANTOS-GARCIA, M. O.; TOLEDO-SILVA, G. de; SASSAKI, R. P.; FERREIRA, T. H.; RESENDE, R. M. S.; CHIARI, L.; KARIA, C. T.; CARVALHO, M. A.; FALEIRO, F. G.; ZUCCHI, M. I.; SOUZA, A. P. de. Using genetic diversity information to establish core collections of *Stylosanthes capitata* and *Stylosanthes macrocephala*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 35, n. 4, p. 847-861, 2012.

SOUSA, F. B. de; ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D. **Duas novas cultivares de estilosantes para o cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 27).

SOUSA, F. B. de; ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D. Estilosantes cv. Bandeirante uma leguminosa forrageira para a região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 319-320, 1983.

SOUSA, F. B. de; ANDRADE, R. P. de; THOMAS, D. Estilosantes cv. Pioneiro uma leguminosa forrageira para os cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 321-322, 1983.

VILELA, L.; AYARZA, M. A. **Ganho de peso de novilhas em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69).

ANEXO A – Uma jornada pela pesquisa e inovação da Embrapa Cerrados

Convidamos você a mergulhar em uma jornada pela pesquisa e inovação realizada pela Embrapa Cerrados. Explore os links a seguir para acessar os diversos módulos que abrangem uma ampla gama de temas relacionados à agricultura, melhoramento genético, tecnologias agrícolas e muito mais. Cada módulo oferece uma visão aprofundada dos desafios enfrentados e das soluções desenvolvidas pela Embrapa Cerrados. Prepare-se para uma experiência enriquecedora enquanto descobre o rico legado de pesquisa e inovação da Embrapa Cerrados.

Módulo 1  [clique aqui](#)



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

 Carlos Frederico Martins Raças Zebuínas Leiteiras	 Karina Pulroinik Eucalipto	 Renato Fernando Amabile Cevada	 Fábio Gelape Faleiro Maracujá	 Sérgio Abud Moderador
--	---	---	--	--

Embrapa

Módulo 2 [clique aqui](#)



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 2

				
Fábio Bueno dos Reis Júnior Microorganismos multifuncionais	Renato Fernando Amabile Girassol	Fábio Gelape Faleiro Pitaya	Cláudio Ulhoa Magnabosco Genética Brasil Nelore	João Luiz Dalla Corte Moderador

Embrapa

Módulo 3 [clique aqui](#)



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 3

				
José de Ribamar Nazareno dos Anjos Sorgo	Arminda Moreira de Carvalho Aubos verdes	Marcelo Fideles Braga Seringueira	Adriano Delly Veiga Café	Alexandre Specht Moderador

Embrapa

Módulo 4  [clique aqui](#)



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 4

 José Teodoro de Melo Mangaba	 Walter Quadros Ribeiro Junior Pseudocereais	 Marcelo Fideles Braga Macaúba	 Fábio Gelape Faleiro Estévia	 Sérgio Abud Moderador
---	--	--	---	--

Embrapa

Módulo 5  [clique aqui](#)



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 5

 Gustavo José Braga Brachiária	 André Ferreira Pereira Soja	 Tadeu Gracioli Guimarães Abacate	 Ailton Vitor Pereira Pequi	 Kleberston Worsley de Souza Moderador
--	--	---	---	--

Embrapa

Módulo 6 clique aqui

Pesquisa e Inovação em Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 6

				
Gustavo José Braga Panicum	Altair Toledo Machado Milho	Núbia Maria Correia Tomate e batata-doce	Nilton Tadeu Vilela Junqueira Graviola	Edson Sano Moderador



Módulo 7 clique aqui

Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

27
AGOSTO
2021
10h

Módulo 7

			
Nilton Tadeu Vilela Junqueira Citros	Fernando Souza Rocha Baru	Júlio Cesar Albrecht Trigo sequeiro e irrigado	Renato Fernando Amabile Moderador



Acesse pelo link
<https://youtu.be/Sfr0UqjqlKI> (canal da Embrapa no youtube)

Módulo 8  clique aqui



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 8

 Júlio Cesar Albrecht Feijão	 Nilton Tadeu Vilela Junqueira Araçá	 Francisco Duarte Fernandes Capim-elefante	 Allan Kardec Braga Ramos Andropogon	 Kleberson Worsley de Souza Moderador
--	--	--	--	---

Embrapa

Módulo 9  clique aqui



Pesquisa e Inovação em Germoplasma e Melhoramento Genético na Embrapa Cerrados

Módulo 9

 Josefino Fialho de Freitas Mandioca	 Tadeu Gracioli Guimarães Manga	 Allan Kardec Braga Ramos Leguminosas forrageiras	 Renato Fernando Amabile Moderador
--	---	---	--

Embrapa



ISBN 978-65-5467-071-5



9 786554 670715

CGPE 18883