

O AGRÔNÔMICO

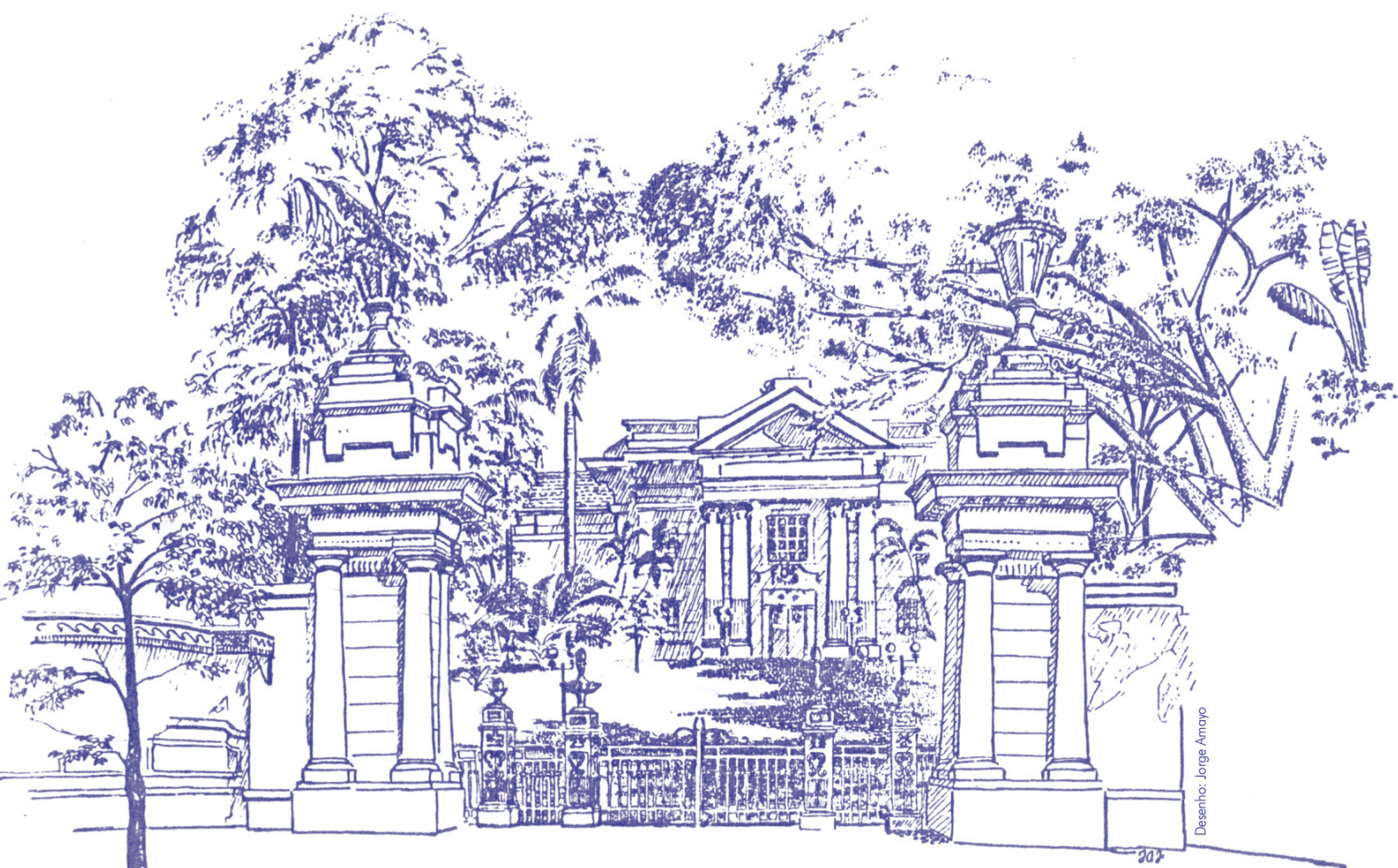
Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônômico - Volume 76 - 2024 - Série Técnica APTA - ISSN 0365-2726

IAC 137
INSTITUTO AGRÔNOMICO ANOS

Biodiversidade

para o futuro do agro

impulsa



MISSÃO

Gerar e transferir ciência, tecnologia e produtos para otimização dos sistemas de produção vegetal, com responsabilidade ambiental, visando ao desenvolvimento socioeconômico e à segurança alimentar por meio da pesquisa, da formação de recursos humanos e da preservação do patrimônio.

www.iac.sp.gov.br

ÍNDICE

Banco de germoplasma de café: estratégias de uso, conservação e prospecção para promoção da inovação na agricultura	1
Banco ativo de germoplasma do programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar do Instituto Agrônômico (IAC)	12
BAG Citros IAC possui um dos maiores acervos do mundo: verdadeiro patrimônio genético	21
Bancos de germoplasma: IAC Frutas	30
Bancos ativos de germoplasmas dos programas de melhoramento genético de grãos e fibras	42
Coleções de germoplasmas de espécies hortícolas: conservação e prospecção para inovação na horticultura e segurança alimentar	53
Recursos Genéticos Vegetais: o valioso patrimônio da humanidade	83
Germoplasma IAC de seringueira: estratégia de uso, conservação e prospecção para inovação na agricultura	100
Laboratório Paulista de Pesquisa de Fertilizantes	115
BLUEIN: ambiente inovador em prol do setor agrícola	122
Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO)	124
Clínica Fitopatológica dos Citros	127
Do solo à planta: diagnósticos que auxiliam a produção no campo, a segurança e saúde alimentar da população brasileira	129
Mudas pré-brotadas (MPB), gemas brotadas e gemas selecionadas de cana-de-açúcar: oportunidades e reflexões	131
Novos modelos de parceria: conexão IAC e PUC Campinas para formação de novos talentos para o agro	134
Programa de Pós-Graduação do Instituto Agrônômico	137
QUEPIA - Programa IAC de Qualidade de Equipamentos de Proteção Individual na Agricultura	139

O AGRÔNOMICO

v. 76 | 2024

Editorial

Esta edição da revista O Agrônomo celebra um dos pilares fundamentais da pesquisa agropecuária: os bancos de germoplasma do Instituto Agrônomo (IAC), de Campinas. Essas coleções de material genético representam a base para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, resistentes e adaptadas às demandas do agronegócio e da agricultura sustentável. Nesta publicação, destacamos a importância desses acervos, que conservam a biodiversidade e servem como fonte primordial para estudos de melhoramento genético, garantindo avanços científicos que impactam diretamente o campo e a sociedade.

Ao longo das páginas desta edição, os leitores poderão conhecer os diferentes bancos de germoplasma mantidos pelo IAC, suas particularidades e suas contribuições para a agricultura paulista e nacional. Esses recursos genéticos não apenas preservam a riqueza biológica, mas também possibilitam inovações tecnológicas essenciais para enfrentar os desafios climáticos e sanitários da atualidade. Que esta publicação inspire novos pesquisadores, fortaleça parcerias e reafirme o compromisso do IAC com a excelência científica em prol do desenvolvimento agrícola sustentável.

Boa leitura!

Equipe Editorial



Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agrônomo

Governador do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas

Secretário de Agricultura e Abastecimento
Guilherme Piai Filizzola

Secretário Executivo de Agricultura e Abastecimento
Edson Alves Fernandes

Subsecretário de Agricultura
Orlando Melo de Castro

Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Carlos Nabil Ghobril

Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo
Marcos Guimarães de Andrade Landell

O AGRÔNOMICO
(Instituto Agrônomo)
Campinas, SP
1941-1; 1949-2011 1-63
(Série Técnica APTA)

A partir do v. 52, n. 1, faz parte da Série Técnica APTA da SAA/APTA.
A eventual citação de produtos e marcas comerciais não expressa, necessariamente, recomendação de seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte.
A reprodução total depende da anuência expressa do Instituto Agrônomo.

O AGRÔNOMICO
Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo
Volume 76 - 2024
Série Técnica APTA
ISSN 0365-2726
oagronomico@iac.sp.gov.br

Editores
Gabriel C. Blain
Lúcia Helena Signori Melo de Castro
Patrícia Cia

Editoração, arte final eletrônica
Cintia Rafaela Amaro - Amaro Comunicação - Fone: (19) 99142-8371

Capa
Impulsa Comunicação

Revisão
Lúcia Helena Signori Melo de Castro
Silvana Aparecida Barbosa





BANCO DE GERMOPLASMA DE CAFÉ:

Estratégias de
uso, conservação
e prospecção para
promoção da inovação
na agricultura

Oliveiro Guerreiro Filho

oliveiro.guerreiro@sp.gov.br

O Brasil é o principal produtor e exportador de café. O atual parque cafeeiro nacional ocupa cerca de 2,25 milhões de hectares, responsáveis pela produção estimada atual de 58,81 milhões de sacas de café beneficiado provenientes das espécies *Coffea arabica* (Café Arábica - 72%) e *C. canephora* (Café Robusta e Conilon - 28%).

A competitividade e a eficiência da cafeicultura nacional encontram-se alicerçadas, em especial, no valor agrônomo, tecnológico e sensorial de suas cultivares aptas ao cultivo nas diversas regiões produtoras do país e em sistemas diversos de condução.

No Instituto Agrônomo (IAC), o programa de melhoramento genético do cafeeiro foi estabelecido no início dos anos 1930, sendo as cultivares dele oriundas, responsáveis atualmente, pela grande maioria do café Arábica produzido no Brasil. O portfólio de cultivares IAC dessa espécie, conta com cultivares altamente produtivas,

vigorosas e longevas, com porte, arquitetura de copa e ciclo de desenvolvimento e maturação de frutos variáveis, resistentes a agentes bióticos, como a ferrugem e os nematoides, a agentes abióticos, como o déficit hídrico e também, com excelente qualidade sensorial.

A eficácia do programa institucional no desenvolvimento dessas tecnologias se deve, em sua origem, ao estabelecimento de uma coleção de cafeeiros, representados por espécies do gênero *Coffea* (Tabela 1; Figura 1), híbridos interespecíficos (Figura 2) e intraespecíficos das espécies de café Arábica (Tabela 4) e Canéfora, cultivadas no Brasil, mutantes de café Arábica (Tabela 2), variedades exóticas, provenientes de diversos países africanos, asiáticos e centro-americanos e, especialmente, pela diversidade de cafeeiros coletados na Etiópia, região de origem e de diversidade do café Arábica (Tabela 3).



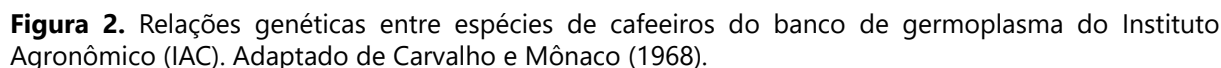
Figura 1. Variabilidade em espécies de cafeeiros do banco de germoplasma do Instituto Agronômico. *Coffea arabica* (a), *C. millotii* (b), *C. liberica* (c), *C. congensis* (d), *C. canephora* (e), *C. eugenioides* (f), *C. travancorensis* (g), *C. heterocalyx* (h), *C. salvatrix* (i), *C. kapakata* (j), *C. stenophylla* (k) e *C. racemosa* (l).

Tabela 1. Origem, vulnerabilidade, forma de consumo e características diversas de espécies de cafeeiros do banco de germoplasma do Instituto Agrônômico (IAC)

Espécie	Risco de extinção	Forma de consumo	Região de origem	Altitude	Porte	Cor dos frutos	Número de cromossomos	Modo de reprodução	Teor de cafeína
<i>Coffea arabica</i> Café Arábica	Vulnerável	Café percolado, café espresso. Puro ou em blends com o café Canéfora	Nordeste e leste da África Tropical	1300 a 2000 m	Arbustivo 4 a 8 m	Vermelho ou Amarelo	44	Autofecundação	0,8% a 1,8%
<i>Coffea canephora</i> Café Canéfora (Robusta ou Conilon)	Menos preocupante	Café solúvel, café percolado, café espresso. Puro ou em blends com o café Arábica	Guiné e Congo	0 a 1300 m	Arbustivo 4 a 8 m	Vermelho	22	Polinização cruzada	1,6% a 3,2%
<i>Coffea racemosa</i> Café de Inhambane	Quase ameaçada	Café percolado restrito à região de origem	Mocambique, Zimbábue e África do Sul	0 a 500 m	Arbustivo 1 a 5 m	Vinho/Preto	22	Polinização cruzada	0,4% a 1,2%
<i>Coffea liberica</i> Café Liberica	Menos preocupante	Café percolado predominantemente na região de origem	Benin, Nigéria, Guiné, Camarões, República Centro Africana, Costa do Marfim, Libéria, , Sudão, Congo, Gabão, Uganda, Gana e Angola	100 a 1300 m	Arbóreo 6 a 20 m	Vermelho	22	Polinização cruzada	1,1% a 2,7%
<i>Coffea kapakata</i>	Vulnerável	Não é consumido	Angola	600 m	Arbustivo 2 a 3 m	Laranja	22	Polinização cruzada	0,5% a 0,8%
<i>Coffea eugenoides</i>	Menos preocupante	Não é consumido	Uganda, Quênia e Tanzânia	1000 a 2200 m	Arbustivo 2 a 3 m	Vermelho	22	Polinização cruzada	0,4% a 0,6%
<i>Coffea salvatrix</i>	Quase ameaçada	Não é consumido	Mocambique e Zimbábue	800 a 1700 m	Arbustivo 2 a 6 m	Vermelho/Vinho	22	Polinização cruzada	0,1% a 0,3%
<i>Coffea stenophylla</i>	Menos preocupante	Não é consumido	Guiné e Costa do Marfim	0 a 1200 m	Arbustivo 3 a 6 m	Vinho/Preto	22	Polinização cruzada	0,6% a 2,6%
<i>Coffea congensis</i>	Menos preocupante	Não é consumido	Camarões, RCA, Congo, Gabão	10 a 700 m	Arbustivo 2 a 6 m	Vermelho/Laranja	22	Polinização cruzada	2,1%
<i>Coffea miltotii</i>	Menos preocupante	Não é consumido	Madagascar	50 a 500 m	Arbustivo 2 a 6 m	Amarelo	22	Polinização cruzada	0,0%
<i>Coffea sessiliflora</i>	Quase ameaçada	Não é consumido	Quênia e Tanzânia	10 a 500 m	Arbustivo 2 a 4 m	Vermelho	22	Polinização cruzada	0,4% a 0,7%
<i>Coffea heterocalyx</i>	Criticamente ameaçada	Não é consumido	Camarões	750 a 850 m	Arbustivo 1 a 2 m	Vermelho	22	Autofecundação	0,5%
<i>Coffea humilis</i>	Quase ameaçada	Não é consumido	Costa do Marfim, Libéria, Serra Leoa	Sem registro	Arbustivo Cerca de 1 m	Vermelho	22	Polinização cruzada	2,0%
<i>Coffea anthonyi</i>	Criticamente ameaçada	Não é consumido	Camarões e Congo	350 a 650 m	Arbustivo 1 a 2 m	Vermelho	22	Autofecundação	0,6%
<i>Coffea ebracteolata</i>	Sem informações	Não é consumido	País da África Ocidental	0 a 1500 m	Arbustivo Cerca de 1 m	Preto	22	Autofecundação	0,12% a 0,66%
<i>Coffea travancorensis</i>	Sem informações	Não é consumido	Índia e Sri Lanka	0 a 3000 m	Arbustivo Cerca de 1 m	Preto	22	Autofecundação	0,0% ou traços

Adaptado de Davis *et al.* (2006) e Cross (1994).

espécies distintas podem servir como pontes para o melhoramento dos cafés Arábica e Canéfora. No IAC, o primeiro híbrido interespecífico foi sintetizado em 1933 e desde então, inúmeras combinações foram realizadas à medida que novas espécies passaram a fazer parte do banco de germoplasma institucional. O nível de dificuldade na obtenção de híbridos entre espécies encontra-se ilustrado na figura 2.



No IAC, cafeeiros do banco de germoplasma são mantidos em campo, a pleno sol (Figura 3), assim como, em

viveiro, sob ripado, sendo as plantas, cultivadas em grandes recipientes, à meia-sombra.



Figura 3. Manutenção de cafeeiros das espécies *Coffea liberica* (a) e *C. canephora* (b), em campo.

Estudos básicos têm sido conduzidos de forma continuada, como análises genéticas que permitam elucidar a herança e o modo de ação de genes de interesse identificados nas plantas, assim como, a fenotipagem

ou caracterização dos cafeeiros em relação a seus atributos morfológicos, agrônômicos, tecnológicos e sensoriais. Técnicas tradicionais ou a nível molecular de avaliação, são empregadas nesses estudos.

Tabela 2. Variabilidade genética representada por mutantes de natureza diversa de café Arábica, presente na coleção de cafeeiros do IAC

Germoplasma	Origem	Herança	Principais características
Padrões			
Typica	Variedade botânica	Dominante	Arbusto de forma cilíndrica; ramos levemente pendentes; sementes plano-convexas
Bourbon	Variedade botânica	Dominante	Arbusto de forma cilíndrica; menos pendentes que o Typica; sementes mais curtas e redondas que o Typica
Mutantes			
Nana	Bourbon	Recessiva	Plantas anãs
Murta	Bourbon	Recessiva	Porte baixo e folhas elípticas e menores que o Bourbon
Bronze claro	Typica	Dominante	Folhas jovens de coloração bronze clara
Bronze escuro	Typica	Dominante	Folhas jovens de coloração bronze escura
Purpurascens	Typica	Recessiva	Todos os órgãos das plantas de coloração púrpura
Xanthocarpa	Typica	Recessiva	Frutos de coloração amarela
Fasciata	Typica	Dominância incompleta	Fasciação de ramos e frutos com grande número de sementes
Maragogipe	Typica	Dominante	Folhas, frutos e sementes muito grandes em relação ao Typica
Goiaba	Typica	Recessiva	Sépalas desenvolvidas e persistentes nos frutos
Macrodisco	Typica	Dominante	Brácteas grandes e disco muito desenvolvido nos frutos
Anômala	Typica	Recessivo	Multicaule, folhas pequenas de formato irregular
Anormalis	Typica	Dominante	Ramificação densa e anormal; folhas com mais de um ápice; sementes corrugadas
Cera	Typica	Recessiva	Sementes com endosperma amarelo
Erecta	Desconhecida	Dominante	Angulação média de 26° entre ramos plagiotrópicos e ortotrópicos
Semi erecta	Desconhecida	Dominante	Angulação média de 41° entre ramos plagiotrópicos e ortotrópicos
Pêndula	Typica/Bourbon	Recessiva	Ramos plagiotrópicos flexíveis e pendentes
Calycanthema	Typica	Dominante	Cálice com sépalas petaloides
Semperflorens	Typica	Recessiva	Florescimento contínuo ao longo do ano
Angustifolia	Typica	Recessiva	Folhas longas e estreitas
Laurina	Bourbon	Recessiva	Arquitetura e ramificação alteradas; frutos pequenos e sementes com base estreita
Mokka	Bourbon	Recessiva	Arquitetura e ramificação alteradas; frutos pequenos e arredondados, sementes pequenas
Caturra	Bourbon	Dominante	Porte compacto, internódios curtos na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos
Pacas	Bourbon	Dominante	Porte compacto, internódios curtos na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos
Vila Sarchi	Bourbon	Dominante	Porte compacto, internódios curtos na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos
São Bernardo	Typica	Dominante	Internódios na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos mais curtos que o Caturra
Vila Lobos	Typica	Dominante	Porte compacto, internódios curtos na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos
San Ramon	Typica	Dominante	Internódios na haste ortotrópica e ramos plagiotrópicos mais curtos que o Caturra
Variação	Typica/Bourbon		Folhas variegadas verdes e amarelas
Endosperma discoide	Typica/Bourbon	Recessiva	Lojas vazias nos frutos
Abramulosa	Bourbon	Recessiva	Crescimento anormal das plantas com interrupção do alongamento da haste
Volutifolia	Desconhecida	Recessiva	Folhas irregularmente enroladas
Polyorthotropica		Recessiva	Número excessivo de ramos ortotrópicos; frutos piriformes com listas longitudinais
Mucronata		Dominância incompleta	Forma e tamanho das folhas alteradas
Minutifolia		Dominância incompleta	Forma e tamanho das folhas alteradas
Diminuta		Dominância incompleta	Forma e tamanho das folhas alteradas
Atenuata		Dominância incompleta	Forma e tamanho das folhas alteradas
Crassinervia		Dominância incompleta	Forma e tamanho das folhas alteradas
Polipoides			
Bullata	Typica/Bourbon	88 cromossomos	Folhas muito largas e coriáceas
Monosperma	Typica/Bourbon	22 cromossomos	Folhas longas e bastante estreitas

De modo mais aplicado, duas importantes vertentes caracterizam o atual programa de melhoramento do cafeeiro do IAC, sendo a primeira delas referente à eficiência das novas cultivares em seleção, essencialmente relacionadas à redução de custos que elas podem proporcionar. Nesse contexto, se inserem estratégias de seleção de cultivares resistentes aos principais agentes bióticos, como ferrugem, mancha aureolada, cercosporiose, phoma, bicho-mineiro, ácaros e nematoides e, agentes abióticos, como o calor e o déficit hídrico, todos de importância primária para a cultura. Embora já tenham sido difundidas diversas cultivares com essas características, novas variedades são continuamente selecionadas, especialmente devido ao surgimento de novas raças de patógenos causadores de doenças.

Atualmente, as pesquisas institucionais vêm priorizando o desenvolvimento de cultivares com resistência ou tolerância simultânea a esses diversos agentes causadores de estresses nas plantas. Duas cultivares com essas características já foram registradas pelo IAC, IAC 125 RN e IAC Catuaí SH3, ambas resistentes a todas as raças do fungo *Hemileia vastatrix*, causador da ferrugem, presentes no Brasil, sendo a primeira também resistente aos nematoides das galhas (*Meloidogyne exigua*) e aos nematoides das lesões (*M. incognita*) e, a segunda, tolerante ao déficit hídrico.

As cultivares brasileiras de café Arábica apresentam excelente desempenho nas condições edafocli-

máticas predominantes nas diversas regiões produtoras, uma vez que foram submetidas a essas mesmas condições durante o processo de seleção. No entanto, as mudanças climáticas constatadas em período recente, levaram à priorização de pesquisas, especialmente relacionadas à tolerância das plantas ao calor e ao déficit hídrico. Acessos de café Arábica e de café Canéfora, presentes no banco de germoplasma, portadores dessas características vêm sendo utilizados em estudos que visam compreender os mecanismos envolvidos na tolerância das plantas e, principalmente, no desenvolvimento de novas variedades mais tolerantes.

Em uma estratégia distinta de combate a patógenos específicos do sistema radicular das plantas, porta-enxertos de café Canéfora, multirresistentes a espécies distintas de nematoides dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne*, vêm sendo selecionados. A cultivar porta-enxerto IAC Herculândia, recentemente lançada, é uma importante tecnologia resultante da exploração do germoplasma mantido pela instituição e submetido à avaliação em diversas regiões produtoras, acometidas pelo patógeno.

Uma segunda vertente das ações institucionais de pesquisas e de desenvolvimento varietal tem como objetivo a agregação de valor ao café produzido por novas cultivares. O uso do banco institucional de germoplasma nessas pesquisas tem sido fundamental para o alcance de resultados que já se revelam muito promissores.

No acervo de cafeeiros provenientes da Etiópia foram identificados cafeeiros com teor muito reduzido de cafeína. Esses mutantes foram inicialmente hibridizados com cultivares tradicionais, com o objetivo de incorporar nessas cultivares genes responsáveis pelo bloqueio da síntese de cafeína presentes nos mutantes etíopes. Em breve, cultivares com essa característica estarão disponíveis, atendendo a uma demanda importante da cadeia produtiva, em especial, de consumidores intolerantes à cafeína. Com o mesmo objetivo, mas por meio de uma via alternativa, cultivares produtoras de café naturalmente desprovidas de cafeína têm sido selecionadas a partir do uso de ferramentas moleculares, denominadas CRISPR-Cas9, a chamada tesoura genética. Essa técnica, aliada ao cultivo *in vitro* de tecidos vegetais, permite a intervenção direta em genes de cultivares comerciais, tornando-as modificadas, sem a produção de cafeína nos grãos.

Nessa mesma vertente, a maior contribuição do acervo genético de cafeeiros preservados ao longo de quase cem anos, reside no uso da grande variabilidade relacionada a características físicas e químicas dos grãos e, principalmente, sensoriais da bebida, favorecida pelo desenvolvimento de métodos mais complexos e eficazes de avaliação sensorial. Cultivares de café Arábica, denominadas especiais, vêm sendo desenvolvidas, diretamente, a partir da identificação de características genéticas intrínsecas de plantas

individuais e clonagem, ou por meio de hibridação e seleção. Acessos etíopes, variedades exóticas, híbridos simples ou de natureza complexa, provenientes de diversos e antigos experimentos, desenvolvidos com finalidades outras, mas portadores de valiosos atributos sensoriais, têm sido identificados e multiplicados para avaliação de seu desempenho em diferentes ambientes e posterior lançamento como novas cultivares.

A mesma estratégia tem sido adotada na identificação e valorização de clones de café Canéfora presentes no banco de germoplasma ou mesmo em experimentos e jardins clonais mantidos pelo IAC. Encontram-se em avaliação, cafeeiros produtivos, resistentes a nematoides, portadores de características tecnológicas de interesse do elo industrial da cadeia produtiva do café, como alto teor de sólidos solúveis, peneira média elevada, baixa aderência dos frutos aos ramos, característica esta, que torna mais fácil e menos onerosa a colheita e aderência reduzida da casca dos frutos ao pergaminho, condição que implica em maior facilidade no despulpamento de frutos. Nas mesmas populações, cafeeiros com perfis sensoriais diversos vêm sendo selecionados visando à produção de cafés especiais em regiões aptas ao cultivo da espécie.

Uma síntese dos grupos de cafeeiros das espécies cultivadas *C. arabica* e *C. canephora* (Tabela 3), assim como, das características em seleção e que configuram as atuais linhas de pesquisa conduzidas pelo

IAC, especialmente relacionadas à exploração da diversidade genética presente na espécie cultivada *C. arabica*, encontram-se apresentadas

na tabela 4. Ferramentas diversas, como análises químicas, físicas, sensoriais e moleculares são utilizadas em apoio ao processo de desenvolvimento varietal.

Tabela 3. Grupos de cafeeiros das espécies cultivadas *Coffea arabica* e *C. canephora* representados no banco de germoplasma do IAC

<i>Coffea canephora</i>	<i>Coffea arabica</i>
Cultivares brasileiras de natureza seminal	Cultivares exóticas da Índia e de diversos países africanos e centro-americanos
Cultivares brasileiras de natureza clonal	Acessos etíopes Acessos iemenitas
Acessos exóticos de vários países africanos	Banco de linhagens de cultivares IAC Cultivares brasileiras

Tabela 4. Características em seleção em diferentes grupos de híbridos entre cultivares, acessos etíopes e iemenitas, mutantes e variedades exóticas de café Arábica

Híbridos	Características em seleção								
	Resistência a agentes bióticos			Tolerância a agentes	Estudo de herança	Químicas	Agronômicas	Sensoriais	Físicas
Cultivares x Cultivares	Ferrugem, mancha-aureolada, mancha-foliar-bacteriana, phoma	Meloidogyne exigua, M. incognita, M. paranaensis	Bicho-mineiro, ácaros	Déficit hídrico	Resistência ao bicho mineiro, Ferrugem (novas raças)	Cafeína, trigonelina, teobromina, ácidos clorogênicos	Porte, arquitetura	Aroma e sabor	Peneira média
Cultivares x Acessos etíopes	Mancha-aureolada, mancha-foliar-bacteriana, cercosporiose, phoma	Meloidogyne exigua, M. incognita, M. paranaensis		Déficit hídrico	Resistência à mancha-aureolada, mancha-foliar, esterilidade masculina	Cafeína, trigonelina, teobromina, ácidos clorogênicos	Esterelidade masculina	Aroma e sabor	Peneira média
Cultivares x Cultivares iemenitas	Cercosporiose								
Cultivares x Mutantes					Abramulosa, Volutifolia, Poliortotropica, Diminuta, Mucronata, Minutifolia, Crassinervia e Atenuata	Cafeína, trigonelina, teobromina, ácidos clorogênicos	Porte, arquitetura	Aroma e sabor	Peneira média
Cultivares x Variedades exóticas	Ferrugem, mancha-aureolada, Colletotrichum				Déficit hídrico	Cafeína, trigonelina, teobromina, ácidos clorogênicos	Porte, arquitetura	Aroma e sabor	Peneira média

Em paralelo ao desenvolvimento tecnológico, métodos mais eficazes do que a caracterização de cultivares a partir de descritores morfoagronômicos, vêm sendo desenvolvidos com a participação de instituições parceiras a partir da associação das cultivares a marcadores moleculares não influenciados pelo ambiente de cultivo

das plantas. Trata-se de estratégia que tem por finalidade permitir a rastreabilidade e proporcionar garantias a produtores de sementes e mudas, cafeicultores, ao segmento industrial, aos exportadores de café e, finalmente, aos consumidores, assim como, maior sustentabilidade à cadeia produtiva do café.





BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE CANA-DE-AÇÚCAR DO INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC)

Mauro Alexandre Xavier*, Marcos Guimarães de
Andrade Landell e Luciana Rossini Pinto

*mauro.xavier@sp.gov.br

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar em escala global, destacando a cultura como estratégica para a economia do país. Apesar da sua importância econômica e o seu crescente protagonismo entre as culturas energéticas promotoras do desenvolvimento sustentável, a cana-de-açúcar não é originária do nosso país. Introduzida no Brasil por volta do século XVI, por Martim Afonso de Souza, a cana-de-açúcar pertence ao gênero *Saccharum*, cujas principais espécies têm como centro de origem o Indo-Malaio no continente Asiático, destacando Índia, Indonésia e Nova Guiné como as regiões de maior diversidade genética. Dentre as espécies que compõem esse gênero, *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. barberi*, *S. sinense* e *S. edule*, se destacam por estarem relacionadas à cana-de-açúcar, sendo as espécies *S. officinarum*, *S. barberi*, *S. sinense* e *S. edule* as formas domesticadas.

Os acessos da espécie *S. officinarum* conhecida como “cana-nobre” apresentam colmos grossos e com altos teores de açúcar enquanto os de *S. spontaneum* tipicamente apresentam colmos finos e fibrosos, com baixos teores de açúcar, alta capacidade de rebrota e perfilhamento. *Saccharum spontaneum*, juntamente com *S. robustum*, também de colmos fibrosos, porém de diâmetro maior e de porte alto, são conhecidas como canas selvagens. As espécies *S. barberi* e *S. sinense* são consideradas

híbridos interespecíficos naturais entre *S. officinarum* e *S. spontaneum*, originários respectivamente na Índia e China. Por fim, *S. edule* com inflorescência abortiva consumida no sudeste da Ásia, praticamente não é utilizada nos programas de melhoramento. Essas seis espécies e os gêneros correlatos *Miscanthus*, *Erianthus*, *Narenga* e *Sclerostachya* formam o Complexo *Saccharum* e representam o que podemos chamar de “patrimônio genético” da cana-de-açúcar.

Em cana-de-açúcar, considerando-se o cenário mundial, destacam-se duas coleções de germoplasma, a Coleção Mundial de Cana-de-açúcar e Gramíneas Relacionadas - *World Collection of Sugarcane and Related Grasses* (WCSRG) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em Miami, Flórida, e a Coleção Mundial de Cana-de-açúcar do Centro de Pesquisa de Kannur, em Coimbatore. Essas duas coleções são mantenedoras de um vasto número de acessos do Complexo *Saccharum* e de híbridos oriundos dos primeiros cruzamentos, ou seja, os “antepassados” das cultivares atuais que fazem parte da história do melhoramento genético da cana.

É importante ressaltar que as cultivares de cana-de-açúcar que atualmente compõem os canaviais no Brasil e demais países produtores têm na sua origem genética duas espécies principais, *S. officinarum* e *S. spontaneum*. Essas duas espécies foram cruzadas no final do século

XIX com o objetivo de combinar no híbrido, características favoráveis como os altos teores de açúcar proveniente de *S. officinarum* com características de alto perfilhamento, resistência para algumas doenças e ao estresse abiótico herdadas de *S. spontaneum*. Os indivíduos originados desse cruzamento interespecífico foram cruzados de forma recorrente com outros acessos de *S. officinarum* para restaurar os teores de açúcares. Nesse processo, poucos acessos

foram utilizados como parentais; estima-se em torno de 19 acessos de *S. officinarum*, quatro de *S. sinense*, dois de *S. spontaneum* e um de *S. robustum*. Devido ao envolvimento de um número reduzido de parentais, ou seja, "fundadores do pool gênico da cana", no desenvolvimento das primeiras cultivares híbridas, a base genética das cultivares da cana-de-açúcar é considerada estreita, apesar da vasta variabilidade genética disponível no gênero *Saccharum* (Figura 1).



Figura 1. Variabilidade de coloração de colmos e espessura em *Saccharum* (a-e): Caiana riscada (a); Caiana verdadeira (b); Fiji 19 (c); Fiji 62 (d); Badila de Java (e); SES 205 - *S. spontaneum* com colmos mais finos (f); US5714105 - *S. robustum* (g).

Banco ativo de germoplasma de cana-de-açúcar do Programa Cana IAC

A cana-de-açúcar, apesar de ser propagada vegetativamente, apresenta inflorescências com flores hermafroditas, possibilitando a realização de cruzamentos e a

produção de sementes. A coleção ativa de germoplasma de cana-de-açúcar do Programa Cana IAC, em sua totalidade de acessos, está localizada na Estação de Híbridação em Uruçuca, no estado da Bahia (Figura 2).

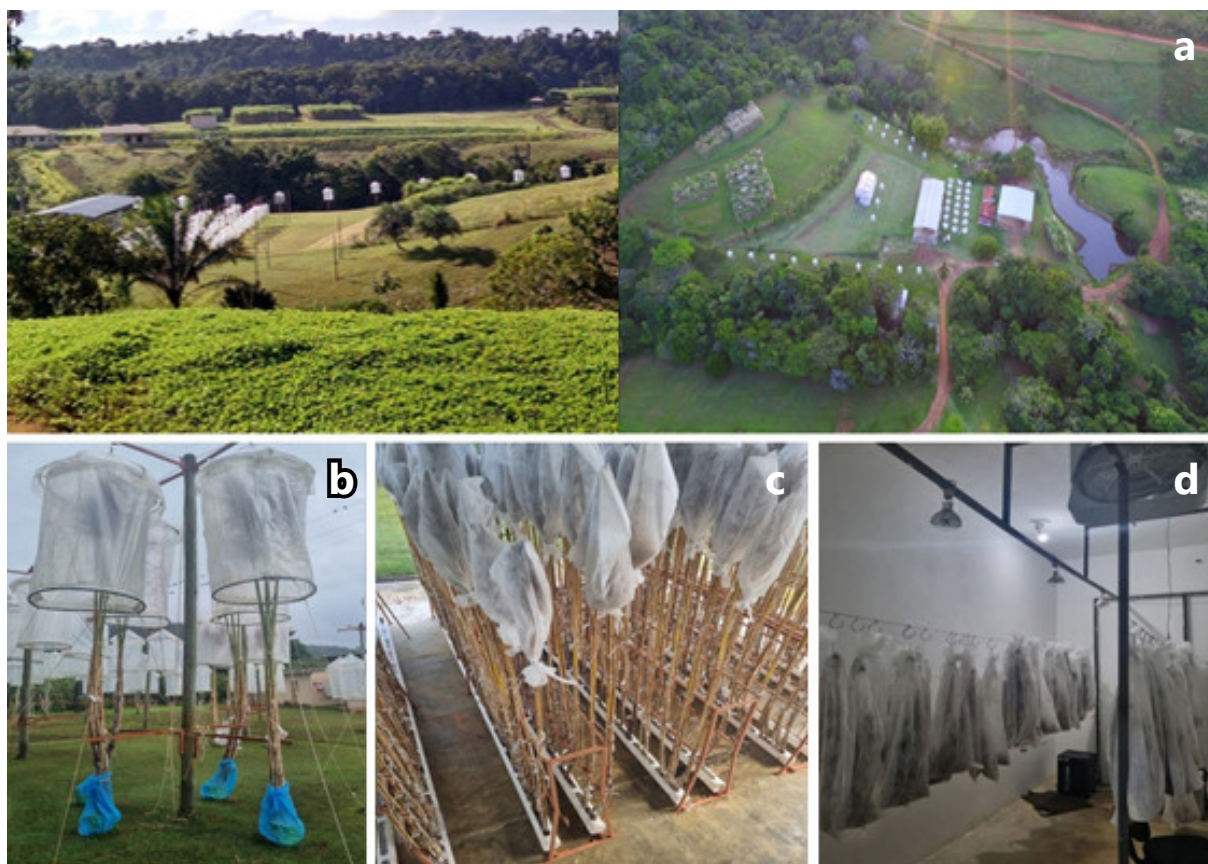


Figura 2. Estão de h brida  o do programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar do IAC em Uruçuca, Bahia. Vista geral e área (a); lanternas de cruzamento (b); matur  o das sementes (c); secagem das sementes (d).

A estação, por estar próxima à linha do Equador, apresenta condições ideais para a floração da cana-de-açúcar, como fotoperíodo em torno de 12 horas que favorece a indução do florescimento, ou seja, a mudança do meristema apical da cana do estado vegetativo para o reprodutivo. Além do fotoperíodo, a alta umidade relativa

do ar, como a encontrada em Uruçuca (região litorânea) também favorece a viabilidade do pólen e a produção de sementes. As condições ambientais favoráveis da Estação de Hibridação do Programa Cana IAC têm proporcionado uma floração abundante, acima de 80% (Figura 3).

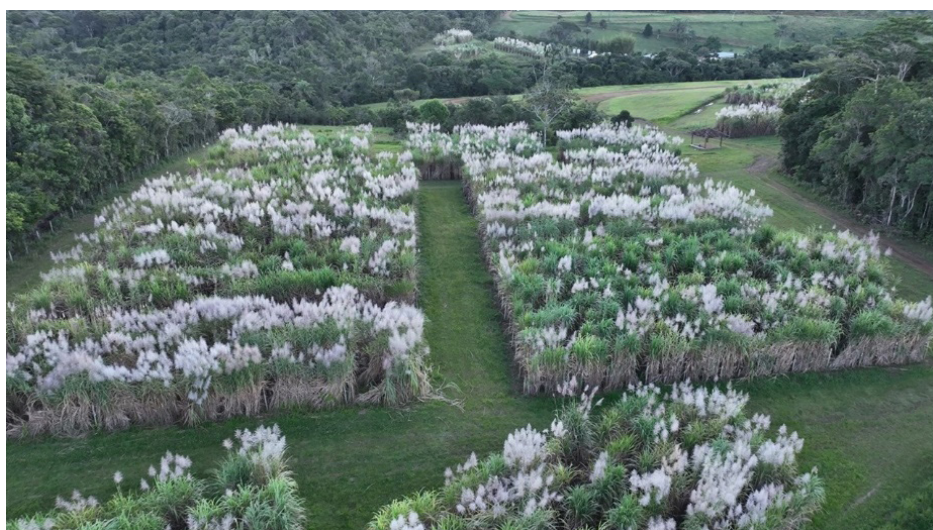


Figura 3. Floração das coleções de cana-de-açúcar na Estação de Hibridação do programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar do IAC em Uruçuca, Bahia.

O processo de estruturação da estação se iniciou em 2009, tendo a sua primeira campanha de hibridação em 2010. A estação de hibridação mantém acessos do Complexo *Saccharum*, bem como clones, cultivares pré-comerciais e comerciais do próprio programa como de outros programas de melhoramento do Brasil e do exterior, totalizando 1.400 genótipos. Os acessos das coleções das espécies de *Saccharum*

e dos gêneros *Erianthus* e *Miscanthus*, em sua maioria, foram adquiridos via importações escalonadas realizadas na *World Collection of Sugarcane and Related Grasses (WCSRGR)* em um esforço conjunto de um grupo de pesquisadores liderados por Dr. Marcos Guimarães de Andrade Landell e Dr. Mauro Alexandre Xavier, sendo que alguns acessos foram também adquiridos das coleções de germoplasma da

Sugar Research Australia em Meringa, Austrália. Os acessos importados foram quarentenados no Quarentenário do Instituto Agrônomo (IAC) e, após o período de quarentena, enviados à Estação de Hibridação em Uruçuca, sendo uma réplica mantida no Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Cana, em Ribeirão Preto (SP). Além disso, o perfil genético dos acessos foi estabelecido com marcadores moleculares para permitir a gestão do banco quanto à presença de

acessos duplicados e o DNA genômico dos acessos foi depositado no Banco de DNA genômico do Programa Cana IAC (Manechini *et al.*, 2018).

Os acessos estão organizados em coleções de trabalho a campo (conservação *in vivo*) conforme as respectivas espécies e são renovados anualmente. Os acessos de *Saccharum spontaneum* são mantidos em vasos pelo fato de a espécie apresentar elevada capacidade invasora (Figura 4).

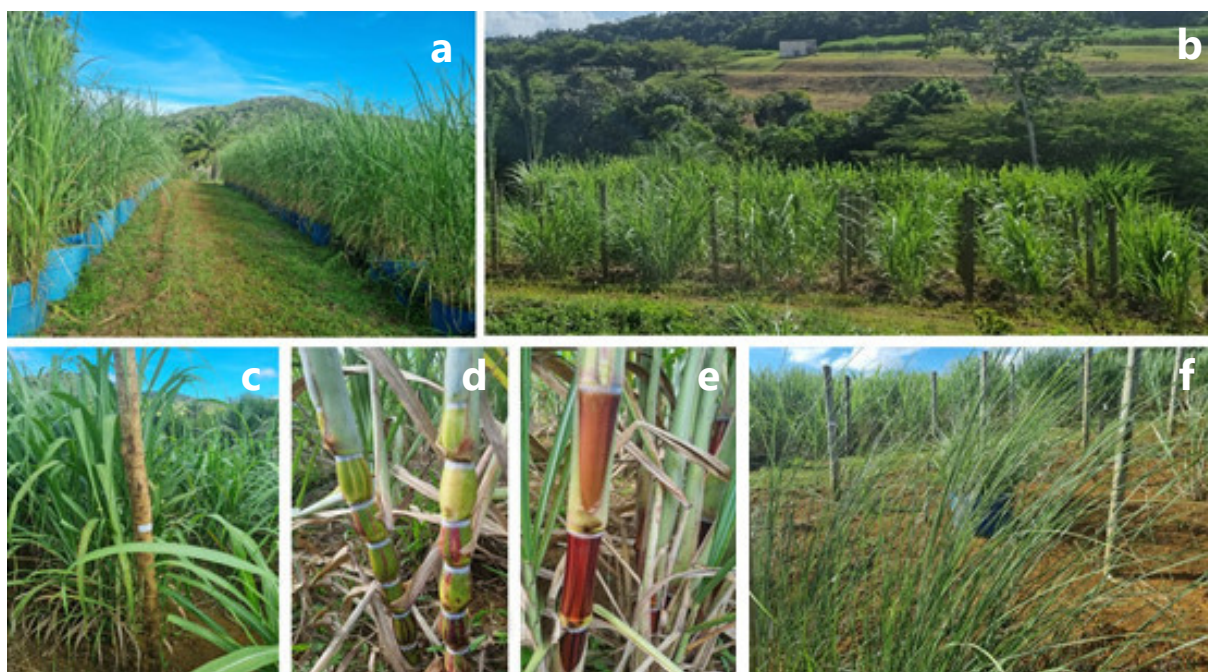


Figura 4. Coleções das espécies de *Saccharum* e *Erianthus*. Acessos de *S. spontaneum* (a); acessos de *S. officinarum* (b a e); acessos *Erianthus* (f).

A coleção de *S. spontaneum* contém acessos importantes provenientes de expedições realizadas em 1947 pelo Esquema de Expedição de *Spontaneum* (*Spontaneum Expedition Scheme*-SES) financiado pelo Comitê Central Indiano de Cana-de-açúcar, cujos acessos são identificados com a sigla SES como, por exemplo, o acesso SES205-A, utilizado em vários estudos científicos, e também o acesso Coimbatore, que embora não oriundo dessa expedição, tem a sua importância como parental masculino do primeiro híbrido interespecífico, o clone Co205, desenvolvido pelo

Instituto de Melhoramento de Coimbatore, na Índia, que teve como genitor feminino o acesso Vellai de *S. officinarum*.

O banco ativo reúne uma coleção de clones do Programa Cana IAC com performance diferenciada em termos de perfilhamento, porte ereto, entre outras características importantes (Figura 5), e é alimentado regularmente com clones provenientes da fase de experimentação regional, e que podem ser utilizados como genitores em cruzamentos.



Figura 5. Perfil de clones de cana-de-açúcar representando clones e pré-variedades do Programa Cana IAC. Canas com alto número de colmos (perfilhamento), biomassa e de porte ereto.

Importância do banco ativo e potencial de prospecção para o melhoramento genético

As ações de manutenção, enriquecimento e caracterização dos bancos de germoplasma são, sem dúvida, imperativas para os programas de melhoramento genético de plantas, principalmente no cenário atual de mudanças climáticas. Os programas de melhoramento genético de plantas são os responsáveis pelo desenvolvimento de cultivares mais produtivas e resistentes aos estresses bióticos e abióticos e, conseqüentemente, desempenham um papel fundamental para assegurar a sustentabilidade da agricultura, a segurança alimentar e, especialmente, no caso da cana-de-açúcar, a segurança energética do país.

Todos os acessos que compõem o banco ativo de germoplasma de cana-de-açúcar do IAC, a cada campanha de hibridação estão potencialmente disponíveis para serem utilizados como genitores em cruzamentos. A diversidade das coleções de acessos, clones e cultivares desse banco permite planejar cruzamentos para atender às demandas de cenários futuros do setor sucroenergético. Vale ressaltar que o desenvolvimento de uma nova cultivar de cana-de-açúcar leva em torno de 10 a 15 anos, o que significa que os cruzamentos que foram realizados no ano de 2024, provavelmente disponibilizarão uma nova cultivar de cana-de-açúcar, para o setor sucroenergético, por volta de 2034 a 2039.

Acessos de *S. spontaneum* e *S. robustum* têm grande importância como genitores no desenvolvimento de cultivares de cana-energia, em que se busca o maior acúmulo de biomassa e, em segundo plano, o de sacarose, dependendo do tipo de cana-energia que se pretende desenvolver, ou seja, tipo I (mais parecida com a cana-de-açúcar convencional) ou o tipo II, com altos teores de fibra. Geralmente, exploram-se cruzamentos entre cultivares comerciais x *S. spontaneum* ou mesmo dos híbridos de cana-energia x cultivares comerciais, ou até mesmo acessos de *S. officinarum* x *S. spontaneum*, almejando genótipos transgressivos para as características de interesse (Matsuoka *et al.*, 2014).

Além da biomassa, acessos de *S. spontaneum* e de *Erianthus arundinaceus* e *E. fulvus* têm se mostrado, na literatura, como fontes de genes de resistência a nematoides. Entretanto, no caso de *Erianthus*, os híbridos provenientes do cruzamento entre cultivares comerciais e *Erianthus*, em geral são estéreis, dificultando a incorporação dessa característica em cultivares comerciais. As ferramentas biotecnológicas, tais como a transgenia convencional e as abordagens de edição gênica podem ser aliadas promissoras para superar as barreiras sexuais (Prado *et al.*, 2024), bem como a utilização de marcadores moleculares na identificação de genes de interesse presentes nas coleções. Nesse sentido, é fundamental traçar estratégias, concentrar esforços e investir recursos financeiros na caracterização fenotípica das coleções.

Referências

MANECHINI, J. R. V.; COSTA, J. B. da.; PEREIRA, B. T.; CARLINI-GARCIA, L. A.; XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; PINTO, L. R. Unraveling the genetic structure of Brazilian commercial sugarcane cultivars through microsatellite markers. **PLoS ONE**, v. 13, n. 4, e0195623, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195623>.

MATSUOKA, S.; KENNEDY, A. J.; SANTOS, E. G. D.; TOMAZELA, A. L.; RUBIO, L. C. S. Energy Cane: Its Concept, Development, Characteristics, and Prospects. **Advances in Botany**, p. 1-13, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/597275>.

PRADO, G. S.; ROCHA, D. C.; SANTOS, L. N.; CONTILIANI, D. F.; NOBILE, P. M.; MARTINATI-SCHENK, J. C.; PADILHA, L.; MALUF, M. P.; LUBINI, G.; PEREIRA, T. C.; MONTEIRO-VITORELLO, C. B.; CRESTE, S.; BOSCARIOL-CAMARGO, R. L.; TAKITA, M. A.; CRISTOFANI-YALY, M.; SOUZA, A. A. CRISPR technology towards genome editing of the perennial and semi-perennial crops citrus, coffee and sugarcane. **Front. Plant Sci.**, v. 14, 1331258, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1331258>.





BAG CITROS IAC POSSUI UM DOS MAIORES ACERVOS DO MUNDO: VERDADEIRO PATRIMÔNIO GENÉTICO

Marines Bastianel, José Dagoberto De Negri,
Vandeclei Rodrigues e Dirceu Mattos Jr*

[*dirceu.mattos@sp.gov.br](mailto:dirceu.mattos@sp.gov.br)

1. Importância e Histórico

O Banco Ativo de Germoplasma de Citros do IAC (BAG Citros IAC) armazena hoje cerca de 1.700 acessos. É considerado como a maior coleção de citros do mundo. Localizado no Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", Cordeirópolis (SP), o BAG Citros IAC foi iniciado em 1928, a partir da coleção particular de Navarro de Andrade. A maior contribuição à coleção ocorreu em 1948, quando o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) cedeu ao Instituto Agrônomo mais de 430 acessos de citros e afins, para serem avaliados quanto à tolerância à tristeza dos citros. Desde então, entidades de pesquisa da Flórida e Califórnia, nos EUA, têm sido as maiores contribuidoras de germoplasma para o BAG Citros IAC, principalmente, de dezenas de novos híbridos de porta-enxertos. Outras contribuições se destacaram vindas das Filipinas (diversas seleções de tangerinas), Índia (seleções de limão Cravo), Itália (variedades de laranjas sanguíneas), México e Cuba (seleções e híbridos de laranja azeda), China, Austrália e Argentina (variedades de limões e híbridos de porta-enxertos), Uruguai (limões e tangerinas), Israel e

Japão (seleções de trifoliatas), além de outros países. Do Brasil, destacamos a introdução, em 1979, de citranges produzidos na Estação Experimental Fitotécnica de Taquari (RS), e em 1983, de 57 variedades de laranjas doces procedentes de diversos países e cedidas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas (BA). Coletas e doações de parte dos citricultores também têm enriquecido o acervo BAG Citros IAC, o qual é mantido em telados protegidos de pragas e vetores, desde 2009.

Atualmente, o BAG Citros IAC apresenta 1.737 acessos, dos quais somam 1.308 de copas (Figura 1), 350 porta-enxertos (Figura 2) e 79 acessos de outros gêneros ou espécies afins. Dentre as copas, destaca-se as laranjas doces (668), seguido pelas tangerinas e híbridos (387), limões (107), limas doces e limas ácidas (47), pomelos (46), toranjas (35), cidras (12) e kumquat (6). Dentre os porta-enxertos, somam os trifoliatas e híbridos (142), limão Cravo e híbridos (86) e laranja azeda e híbridos (50), entre outros. A figura 3 representa parte da diversidade mantida no BAG Citros IAC.

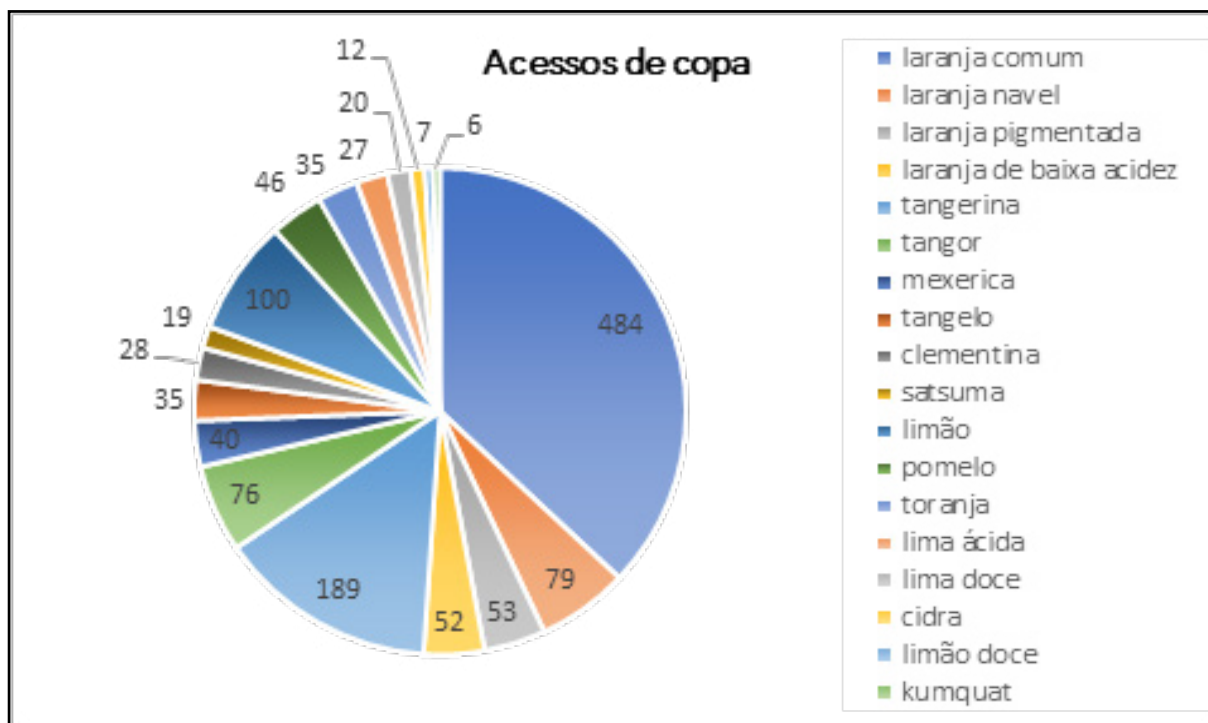


Figura 1. Distribuição dos principais acessos de copa (número de indivíduos) do Banco de Germoplasma de Citros do IAC, mantidos em estufa (Cordeirópolis, SP).

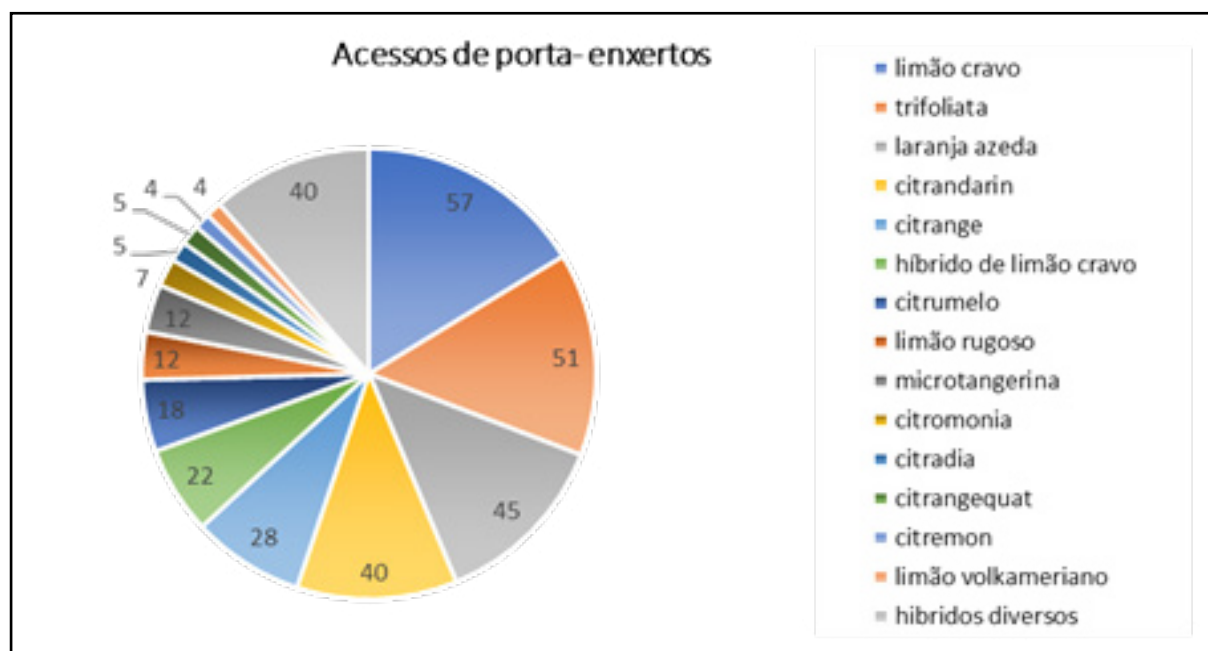


Figura 2. Distribuição dos principais acessos de porta-enxerto (número de indivíduos) do Banco de Germoplasma de Citros do IAC, mantidos em estufa (Cordeirópolis, SP).



Figura 3. Amostra da diversidade genética contida no Banco de Germoplasma de Citros do IAC, mantidos em estufa (Cordeirópolis, SP).

2. Pesquisa e Desenvolvimento sobre Germoplasma

As plantas que compõem hoje o BAG Citros IAC, em telados, são cópias das plantas de clones velhos e novos das coleções antigas, que estavam a campo, no Centro de Citricultura, até 2009. A partir dessa data, as novas introduções, por borbulhas ou sementes, foram estabelecidas diretamente nas estufas, após procedimentos fitossanitários necessários. Esse critério de separação das coleções foi baseado em aspectos e/ou características fitopatológicas e horticulturais. Clones velhos são aqueles que podem estar infectados com patógenos sistêmicos (vírus, viroides e/ou bactérias), e são adultos fisiologicamente, isto é, não mais apresentam características juvenis típicas do gênero (espinhos acentuados, crescimento vigoroso e frutos com baixa qualidade). Clones novos são aqueles originados de clones

velhos, por meio de propagação por sementes. Portanto, esses tendem a ser mais juvenis que os parentais, porém isentos de patógenos sistêmicos não transmitidos por sementes. Por novas introduções, entendem-se acessos que foram introduzidos por sementes ou borbulhas de material fora dessas duas coleções base.

Ao longo dos anos, parte da coleção de clones velhos foi indexada para doenças limitantes, principalmente causadas por vírus (tristeza e sorose), viroides (exocorte e xiloporose) e bactérias (*Xylella fastidiosa*). Cerca de 270 clones foram submetidos à limpeza clonal por microenxertia dos acessos infectados, e depois à pré-imunização (proteção cruzada) contra raças severas do vírus da tristeza. Parte desse material está incluído no programa de plantas básicas no MAPA (RNC e Renasem) para atender a demanda por material certificado do setor produtivo

nacional. Ainda, parte dos acessos foi submetida à caracterização de coleções de variedades por meio de marcadores moleculares do tipo RAPD, AFLP e SSR, e mais recentemente, SNPs.

A contribuição do BAG Citros IAC para a citricultura do país é indiscutível, uma vez que dele derivaram praticamente todas as variedades copas e porta-enxertos que constituem a moderna citricultura brasileira, como por exemplo, as laranjas Hamlin, Rubi, Pera, Natal, Valencia e Folha Murcha, as tangerinas Cravo, Ponkan, Fremont, mexerica do Rio, tangor Murcott, a lima ácida Tahiti IAC 5, os limões Siciliano e Eureka km 47, e os pomelos Marsh Seedless e Star Ruby. Dentre os porta-enxertos são citados, por exemplo, os limões Cravo Limeira, Filipines e Santa Bárbara, limões Volkameriano, Catania e Palermo, as tangerinas Cleópatra e Sunki, os citrumelos Swingle, F80-8 e F80-5, os citranges Troyer e Carrizo, os citrandarins Changsha x English Small, Sunki x Benecke e Changsha x English Large, os trifoliatas Rubidoux, Barnes e Limeira, a laranja Caipira DAC, entre outros. Hoje o IAC é mantenedor de 40% do total de variedades registradas junto ao RNC do MAPA, e certamente é o principal fornecedor de material propagativo com registro no Renasem (borbulhas e sementes).

Além disso, o BAG possui ainda importante papel para o melhoramento

genético dos citros, fomentando constantemente o programa de melhoramento do Centro de Citricultura, como fonte de genótipos para cruzamentos controlados e obtenção de novas combinações genéticas. Exemplos disso são as coleções de novos citrandarins e tangerinas, dentre as quais foi selecionada a variedade IAC 2019 Maria, primeira variedade de citros brasileira protegida no Sistema Nacional de Proteção de Cultivares.

3. Formas de Conservação de Germoplasma

Por muitas décadas, as coleções de citros foram mantidas no campo, em condições próximas aos plantios de pomares comerciais. Apenas os clones microenxertados eram mantidos em estufas teladas protegidas de pragas e vetores. Entretanto, desde 2009, com o surgimento do *greening* (*huanglongbing*, HLB), todo o acervo do BAG Citros IAC é mantido em estufas, sendo que, em campo são mantidas apenas coleções de trabalho. O BAG Citros IAC está disposto em quatro unidades de estufas, totalizando mais de 10.000 m², cobertas com plástico e com laterais fechadas com tela antiafídica, que impedem a entrada de insetos transmissores de doenças, além de uma antecâmara para acessar a estrutura (Figura 4).



Figura 4. Vista geral das estufas do BAG Citros IAC (Cordeirópolis, SP).

De cada acesso da coleção de germoplasma é mantido uma cópia única, estabelecida em vasos de 64 L com substrato de casca de pinus (Figuras 5 e 6), onde o ambiente protegido é mantido com sistema de irrigação por gotejamento atrelado ao fornecimento de adubos (fertirrigação). São realizadas podas de condução das plantas mensalmente, com o intuito de manter altura desejável das plantas e estimular as florações para obtenção de frutos, a fim de se avaliar características de interesse de cada variedade. O controle fitossanitário é realizado a cada 10 dias, com produtos registrados na lista ProteCitrus, além

do manejo com produtos biológicos para rotacionar com os químicos. O manejo de plantas daninhas na área interna do BAG Citros IAC é realizado manualmente e, nas áreas externas é feito controle com herbicida aplicado por bomba costal. Quinzenalmente são realizadas limpezas com soprador, a fim de se retirar sujeiras oriundas do manejo e da queda natural das folhas. Dada a importância desse patrimônio da citricultura, uma cópia reserva de cada material é mantido em sacolas de 7 litros de substrato, em estufa estabelecida em outro local do Centro de Citricultura.



Figura 5. Vista geral interna da disposição de vasos do BAG Citros IAC (Estufa 1).



Figura 6. Amostras de acessos de citros e gêneros afins mantidos no BAG Citros IAC (Cordeirópolis, SP).

4. Visão Estratégica para Prospecção de Uso e Inovação na Agricultura, com Vistas à Sustentabilidade, Segurança Energética, Alimentar e Hídrica

Para a citricultura, a conservação da variabilidade genética *ex situ* é uma

estratégia para a sobrevivência do agronegócio, uma vez que pouquíssimo da variabilidade existente é encontrada em seus locais de origem, o que torna a coleção do IAC fundamental para a citricultura brasileira e um patrimônio mundial imensurável. Além da

conservação dos recursos genéticos, as coleções *ex situ* de citros são fontes de nova diversidade para programas de pesquisa e de melhoramento genético, especialmente para busca de resistência/tolerância a doenças, como a morte súbita dos citros (MSC), de causa desconhecida, e mais recentemente o HLB, causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter* spp. e transmitido pelo psíldeo vetor (*Diaphorina citri*), entre outras ainda causadas por vírus ou fungos que ameaçam a citricultura no mundo. Também, esses materiais são fontes de variabilidade genética para problemas abióticos, incluindo a salinidade e outras condições desfavoráveis do solo, assim como baixa disponibilidade e qualidade da água, e desordens do clima (calor ou frio excessivos).

5. O Centro de Citricultura é Reconhecido na Citricultura Mundial

Ao longo de décadas da existência do BAG Citros IAC, o Centro de Citricultura tem contado com o esforço do seu corpo de pesquisa, principalmente na pessoa do seu curador, cujas atribuições englobam prospecção, coleta, introdução, intercâmbio, multiplicação, regeneração, conservação, caracterização, avaliação, documentação, informação e utilização de germoplasma. Esse esforço se traduz na sua manutenção e na confiança e reconhecimento da instituição pela citricultura mundial.

Ademais ao papel do curador, dos investimentos que têm permitido agilidade e continuidade de trabalho do BAG Citros IAC, constam aqueles diretos governamentais, e principalmente de projetos de pesquisa de agências de fomento aos níveis estadual e federal, além de instituições como FUNDAG e Fundecitrus.





BANCOS DE GERMOPLASMA: IAC FRUTAS

Luiz Antonio Junqueira Teixeira*,
Mara Fernandes Moura, Armando Reis
Tavares, Graciela da Rocha Sobierajski,
José Luiz Hernandez, José Emilio Bettiol Neto,
Raffaella Rossetto, Nobuyoshi Narita,
Geovani Luciano de Oliveira e
Felipe Roberto Francisco

*luiz.teixeira@sp.gov.br

Do ponto de vista agrícola, os bancos de germoplasma desempenham papel fundamental ao armazenar material genético de plantas essenciais para o desenvolvimento de cultivares que atendam às exigências do mercado e superem desafios ambientais. Na fruticultura, esses bancos são frequentemente constituídos por pequenos pomares que abrigam uma coleção de plantas com características únicas, como resistência a pragas e doenças, diferentes cores e sabores de frutas, arquiteturas variadas, distintas épocas de produção ou mesmo adaptadas às condições ambientais diversas. Esses pomares funcionam como verdadeiros laboratórios, onde pesquisadores buscam características vantajosas para desenvolver cultivares melhores que as existentes no mercado.

A contribuição dos bancos de germoplasma para a fruticultura brasileira é notável, especialmente na adaptação de plantas de clima temperado às condições tropicais do país. No estado de São Paulo, figuras históricas como Franz Wilhelm Dafert, Fritz Noack, Adolph Hempel e Gregório Gregorievitch Bondar foram pioneiros na introdução e estudo de diversas espécies frutícolas. Franz Wilhelm Dafert, primeiro diretor do Instituto Agrônomo (IAC), a partir de 1889, introduziu da Europa diversas coleções de frutas, deixando registros sobre o desempenho agrícola e controle de pragas e doenças que ocorriam naqueles materiais no novo ambiente. A continuidade desse trabalho

foi garantida pela contratação de especialistas como João Herrmann que, a partir de 1925, introduziu novas espécies de frutas temperadas, e Felisberto C. Camargo, que ampliou as pesquisas para incluir espécies tropicais e oleráceas. Esses esforços resultaram na criação de estações experimentais em várias regiões do estado de São Paulo, onde foram realizados estudos detalhados com videiras, pêssegos, maçãs, e muitas outras frutas. Em 1947, o Engenheiro Agrônomo Orlando Rigitano estabeleceu as bases para o programa de melhoramento genético de frutas de clima temperado na instituição, resultando em dezenas de novas cultivares adaptadas às condições paulistas e de outras regiões. Os resultados desses estudos iniciais, abrangendo diversos pacotes tecnológicos, fundamentaram a importância do Instituto Agrônomo no desenvolvimento da fruticultura paulista. A dedicação de inúmeros pesquisadores ao longo dos anos garantiu a continuidade e o sucesso dessas iniciativas, fortalecendo o agronegócio paulista e promovendo a sustentabilidade, segurança alimentar e ambiental, além da consciência do papel social que desempenha a fruticultura no estado de São Paulo.

Nesse contexto, recentemente foi proposto projeto com o objetivo de renovação e ampliação dos bancos de germoplasma de frutas de clima temperado e outras, como manga e pitaya, visando atender às demandas dos produtores paulistas. Em suma, os

bancos de germoplasma de frutas do IAC foram e continuam sendo essenciais para a inovação e sustentabilidade da fruticultura paulista. Eles representam o legado de conhecimento e progresso, fundamental para enfrentar os desafios futuros e assegurar a produção agrícola eficiente e diversificada para o estado de São Paulo.

Germoplasma de videira

A videira (*Vitis* spp.) é uma das culturas frutícolas mais importantes do mundo, devido à extensão de seu cultivo e valor econômico. Suas cultivares são plantadas globalmente e conhecidas pela diversidade morfológica e genética. A plasticidade fenológica das cultivares possibilita o desenvolvimento da viticultura em diversas regiões. No Brasil, as condições edafoclimáticas de um país de dimensões continentais, com variados ciclos de produção, períodos de colheita e cultivares adaptadas, entre outros fatores, resultam em produtos diversificados com diferentes focos de mercado. Para atender às exigências da viticultura tropical e subtropical no Brasil, o IAC iniciou um abrangente programa de melhoramento de videiras. O objetivo é desenvolver novas variedades que se adaptem às condições do país, proporcionando frutas de qualidade para diversos usos (uvas de mesa, suco e vinho), além de serem produtivas e resistentes a doenças.

Um dos primeiros passos do programa foi estabelecer a coleção de

germoplasma com ampla variabilidade genética. Para isso, foram introduzidas variedades europeias e americanas, além de híbridos franceses das séries Seibel, Seyve Villard e Couderc. Para ampliar ainda mais a base genética, foram incorporadas quatorze espécies silvestres de *Vitis*, como *Vitis rupestris*, *V. riparia*, *V. cinerea*, *V. caribaea*, *V. lincecumii* e *V. labrusca*, devido à resistência às principais pragas e doenças. Com base nos resultados dos primeiros cruzamentos do programa, híbridos com características marcantes foram selecionados como genitores. A coleção estabelecida passou por avaliações contínuas ao longo dos anos, considerando critérios como produção, vigor da videira, qualidade do fruto e resistência a fatores bióticos e abióticos. Os genótipos que se destacaram nessas áreas foram selecionados para serem usados como genitores nos cruzamentos. Durante os últimos 81 anos de pesquisa, foram realizados aproximadamente 2.400 cruzamentos, utilizando 850 genótipos distintos como genitores. Essa extensa pesquisa resultou no desenvolvimento de diversas cultivares de uva para vinho, suco, consumo in natura e porta-enxertos, além de técnicas culturais que possibilitam o cultivo da videira em São Paulo e em outros estados do Brasil (Figura 1).

Atualmente, o IAC possui em sua coleção de germoplasma mais de 450 variedades de uvas, com diversas finalidades, incluindo espécies selvagens de *Vitis*, híbridos interespecíficos e

variedades das principais espécies cultivadas (*V. vinifera*, *V. labrusca*, *V. bourquina*, *V. rotundifolia*). Por meio de projetos financiados pela FAPESP e CNPq, técnicas biotecnológicas estão sendo aplicadas no programa de melhoramento genético de videiras, visando a utilização mais eficiente do germoplasma. Com essas ferramentas, busca-se selecionar os melhores genótipos para futuras hibridações e iniciar novos ciclos de melhoramento, além de acelerar a obtenção de novas cultivares para atender às demandas dos produtores. Nessas atividades de pesquisa, estão envolvidos pesquisadores de diversas áreas, assim como alunos de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado de instituições nacionais como o IAC, UNICAMP e ESALQ/USP, e internacionais como a Fondazione Edmund Mach, na Itália, e o Instituto Julius Kühn, na Alemanha.

O ponto de partida de qualquer programa de melhoramento de uma espécie é a variabilidade genética. A manipulação dessa variabilidade, utilizando métodos adequados, permite a obtenção segura de genótipos superiores com relação às características agrônômicas de interesse. Os bancos de germoplasma desempenham papel fundamental na preservação da variabilidade genética, mas exigem a manutenção minuciosa dos acessos. A quantificação da magnitude da variabilidade genética e sua distribuição, entre e dentro dos grupos de acessos que constituem

essas coleções, é essencial para promover seu uso racional e manejo adequado. Visando aprimorar o manejo do germoplasma de videira e orientar a exploração eficiente da diversidade genética para facilitar o desenvolvimento de novas cultivares, foram incorporadas ferramentas moleculares no programa. O primeiro passo foi realizar a caracterização molecular da coleção utilizando marcadores do tipo microssatélites (SSR). O uso de marcadores moleculares é uma estratégia eficaz para a identificação de cultivares, devido ao alto conteúdo de informações detectadas diretamente no nível do DNA, sem influência ambiental e nas primeiras fases do desenvolvimento da planta. Isso permite a identificação mais rápida e precisa de cultivares.

Com esse estudo, ampla gama de diversidade genética foi revelada no germoplasma, assegurando a preservação de considerável porção dos recursos genéticos da videira. A diversidade genética demonstrou um padrão de agrupamento com base nas espécies e no uso das variedades (mesa, vinho e porta-enxerto). Nesse estudo, também foi possível corrigir casos de denominação errada e identificar variedades duplicadas. Além disso, a coleção nuclear foi estabelecida com 120 acessos, com o objetivo de representar a máxima variabilidade da coleção em um número reduzido de acessos, tornando-a mais representativa quando o uso de toda a coleção se torna limitado. As informações sobre

a diversidade genética disponível nos bancos de germoplasma são valiosas para os programas de melhoramento, auxiliando na detecção de combinações de genótipos capazes de gerar progênes com máxima variabilidade em características de interesse, orientando os esquemas de hibridização.

Apesar dos excelentes resultados obtidos na caracterização molecular do germoplasma, a necessidade de estudos direcionados aos híbridos do IAC permanecia evidente. Isso se devia principalmente às situações em que híbridos apresentavam perfis genéticos idênticos, apesar de possuírem informações genealógicas distintas. Dessa forma, foi realizada investigação adicional focada exclusivamente nos híbridos produzidos pelo programa de melhoramento genético do IAC, ampliando a quantidade de marcadores SSR para viabilizar a análise de parentesco. A caracterização molecular desse material tem como objetivo assegurar sua preservação, prevenindo ou retardando a erosão genética e identificando os genótipos que devem ser prioritariamente mantidos. Como parte desse estudo, foram realizadas análises de parentesco para autenticar, molecularmente, os pedigrees recuperados a partir de registros históricos mantidos pelos antigos melhoristas, os quais poderiam ser incompletos ou imprecisos. Com os resultados desse estudo, foi possível identificar sinonímias originadas de erros de identificação e elucidar as

relações genéticas entre esses híbridos. Essas informações proporcionaram o embasamento necessário para a seleção dos híbridos que seriam empregados nas investigações de associação genômica ampla (GWAS) e seleção genômica (GS). Muitos dos híbridos investigados nesse estudo representam uma valiosa fonte de diversidade genética, oferecendo potencial para o desenvolvimento de novas cultivares com características fundamentais para promover a viticultura sustentável em regiões tropicais e subtropicais.

O riquíssimo germoplasma mantido pelo IAC inclui genótipos únicos, com características de bagas nunca vistas no mundo. Com o intuito de investigar os mecanismos moleculares envolvidos na alteração da coloração observada em uvas 'Niagara' mutantes, conduziu-se o projeto "Descobrimos os mecanismos moleculares da formação da casca dourada na videira Niagara". Esse estudo comparou o transcriptoma completo de mutantes de Niagara com características de bagas singulares. Tal pesquisa só se tornou possível devido ao comprometimento do Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas do IAC em acompanhar de perto os avanços tecnológicos na área de genômica, assim como estabelecer parcerias com instituições de renome, como o Laboratório de Análises Genéticas e Moleculares da Universidade Estadual de Campinas.

As tecnologias de sequenciamento de nova geração (NGS), que têm

revolucionado as possibilidades de pesquisa na genética molecular, foram aplicadas para realizar a genotipagem do extenso número de indivíduos nesse germoplasma, utilizando marcadores do tipo polimorfismo de nucleotídeo único (SNPs) de forma rápida e eficaz. Esses marcadores são reconhecidos por sua abundância no genoma das plantas, abrangendo assim considerável porção desses genomas e, portanto, podendo estar situados próximos a regiões gênicas de importância. Utilizando de tais conhecimentos, foi possível fazer uso da ferramenta GWAS. Essa ferramenta estatística busca identificar ao longo do genoma SNPs que estão significativamente associados a características agrônomicas de interesse e provavelmente localizados próximos a genes envolvidos com a regulação dessas características, sendo atualmente uma das melhores ferramentas para a prospecção de genes putativos envolvidos com a regulação de características de interesse econômico. Fazendo uso do GWAS no banco de germoplasma de videira do IAC conseguimos identificar diversos genes, possivelmente relacionados com características complexas, difíceis de serem estudados geneticamente por conta da sua arquitetura genética. Além disso, essas tecnologias de NGS aplicadas, possibilitaram a construção de modelos SG, atualmente uma das ferramentas mais eficientes para a identificação precoce dos melhores genótipos de uma população. Essa ferramenta traz contribuições

significativas para os programas de melhoramento de espécies perenes, pois possibilita a redução dos ciclos de melhoramento por meio de uma seleção precoce e bastante acurada. Essa ferramenta utiliza grande número de marcadores moleculares, em conjunto com modelos estatísticos, para predizer os melhores indivíduos em uma população, reduzindo o tempo de seleção e aumentando a acurácia. Existem diferentes formas de construção e utilização desses modelos preditivos, sendo que atualmente o uso de ferramentas de inteligência artificial (IA), estado da arte em diferentes áreas do conhecimento, vem mostrando resultados promissores.

Fazendo uso dessas ferramentas de IA no germoplasma de videira, assim como SNPs identificados por métodos de NGS, foi possível a construção de modelos com capacidade de predizer os melhores indivíduos com acurácias acima de 0,80; além disso, utilizando abordagem de seleção de atributos também conseguiu-se identificar grupo de SNPs bastante restritivo, menor que 2% do conjunto total, e aumentos na capacidade preditiva utilizando alguns modelos e características específicas acima de 0,29. Esses resultados indicam que tais SNPs selecionados por métodos de seleção de atributos podem contribuir com a melhora dos modelos, justamente por estarem próximos a regiões genômicas com genes importantes, e essas relações devem ser investigadas com cautela.

A melhoria da acurácia e precisão dos modelos aqui apresentados (GWAS e SG), depende principalmente da qualidade dos dados utilizados. Como já foi discutido, a biologia molecular possibilita avanços significativos para a obtenção de marcadores moleculares, tais avanços em conformidade foram aplicados no germoplasma de videira do IAC, inicialmente utilizando marcadores do tipo SSR e evoluindo para marcadores do tipo SNPs. Em contrapartida, avanços no campo da fenotipagem se deu de forma mais lenta, principalmente por conta do alto custo dos sensores e dificuldades no processamento dos dados obtidos, assim como mão de obra especializada. Sendo, portanto, a fenotipagem fator limitante importante para avanços no uso de ferramentas como GWAS e SG. Com o objetivo de eliminar essa lacuna tecnológica foi proposto o projeto intitulado "Fenotipagem baseada em imagens aplicada ao melhoramento genético de videira" que faz uso da genotipagem baseada em imagem para mensuração de características importantes para a viticultura. O projeto visa a utilização de imagens digitais,

juntamente com tecnologias de visão computacional e IA para construção de modelos capazes de mensurar crescimento vegetativo, incidência de doenças e, arquitetura de cachos e bagas. A utilização de fenotipagem por imagem possibilitará a obtenção de dados de melhor qualidade, em maior volume, aumentando a abrangência e, reduzindo tempo e custos. A utilização desses dados de melhor qualidade em modelos de GWAS e SG, também trará melhoras significativas, possibilitando aumento das acurácias.

Por meio dos projetos em curso e dos já finalizados, evidenciou-se que o programa de melhoramento genético de videiras do IAC tem se valido das tecnologias mais avançadas em análise genômica, transcriptômica e fenômica. Essa abordagem aproveita toda a diversidade genética contida no germoplasma da Instituição. A utilização do banco de germoplasma e a aplicação dos recursos mais sofisticados para sua exploração se manifestam concretamente com o lançamento, pelo IAC, de clones elite adaptados aos climas tropicais e subtropicais do Brasil.



Figura 1. Variedades IAC Madalena, SR 0.501-17 'Ribas', Máximo (IAC 138-22).

Germoplasma de pessegueiro e nectarineira

O pessegueiro (*Prunus persica*) e a nectarineira (*P. persica* var. *nuscipersica*) são espécies originárias da China, conhecidas como fruteiras que requerem período de repouso hibernar para estimular a brotação de suas gemas e florescer com regularidade na primavera. A exposição às baixas temperaturas no outono e inverno propicia às plantas a brotação uniforme das gemas floríferas e vegetativas, resultando em florescimento e frutificação efetivos (Figura 2).

O IAC possui o programa de melhoramento de frutíferas de caroço (pessegueiro, nectarineira, dentre outras espécies) mais antigo do Brasil, iniciado em 1950. Desde o seu início, o objetivo do programa de melhoramento do pessegueiro tem sido desenvolver cultivares com baixa necessidade de frio para regiões

de inverno ameno. Um importante passo para a implementação desse programa foi a instalação do BAG IAC Prunus, responsável pela conservação de cultivares e pela fonte de recursos genéticos. A base genética para o programa de melhoramento de frutíferas de caroço do IAC foi formada pela introdução de cultivares desenvolvidas nos estados da Flórida e do Texas, nos EUA, e por variedades crioulas trazidas pelos colonizadores portugueses, no século XVI.

Atualmente, o BAG IAC Prunus conta com 80 cultivares que possuem grande relevância social, econômica e científica por incluírem cultivares de alta qualidade, e sua maioria apresentar baixa exigência de frio hibernar (Figura 3). Esta última característica torna-se particularmente relevante no contexto das alterações climáticas, uma vez que são esperadas tendências para condições mais quentes em diversas regiões do globo.



Figura 2. Florescimento e frutificação de cultivares presentes no BAG IAC Prunus.

Germoplasma de macadâmia

A *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche (Proteaceae) é uma noqueira nativa da Austrália e, atualmente, apenas 1% da floresta do nordeste australiano é preservada e restrita a fragmentos. Esse cenário enfatiza a importância de germoplasmas *ex situ* (ou seja, fora de seu habitat natural), bem caracterizados, pois a diversidade genética presente nos bancos de germoplasma podem fornecer genes para resistência e adaptação às mudanças climáticas aos programas de melhoramento genético. Apesar da origem australiana da macadâmia, seu primeiro programa de melhoramento foi estabelecido pela Estação Experimental Agrícola do Havaí (HAES), Estados Unidos. No Brasil, as sementes de macadâmia foram introduzidas em 1931, a partir de cultivares desenvolvidas pela HAES. O único programa de melhoramento genético de macadâmia no Brasil foi estabelecido pelo IAC em 1940. Até a presente data,

o programa lançou 15 cultivares com alta produtividade e qualidade de noz (Figura 4). Também pertence ao IAC o único banco de germoplasma de macadâmia implantado em instituição pública.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de macadâmia e as principais regiões produtoras brasileiras estão situadas no Sudeste do Brasil. No entanto, o zoneamento agroclimático para a macadâmia indica que regiões situadas no Centro-Oeste e no Sul do Brasil também podem ser consideradas zonas aptas para estabelecimento de novas plantações (Figura 5). Um ponto-chave para promover a expansão da área de produção de macadâmia é o desenvolvimento de cultivares bem adaptadas às condições locais. Nesse contexto, salienta-se que germoplasma bem caracterizado é essencial para o desenvolvimento de cultivares, o qual deve conservar a diversidade genética como fator-chave.



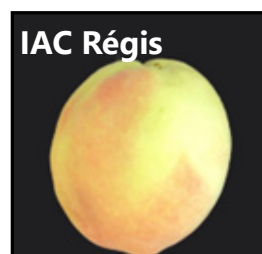
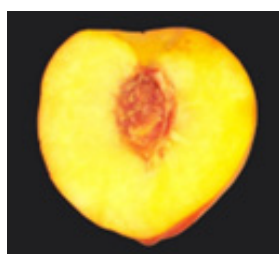
Peso médio: 120 g



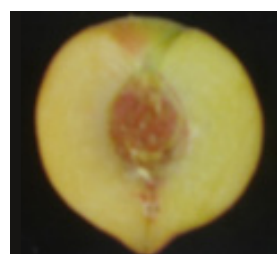
Peso médio: 125 g



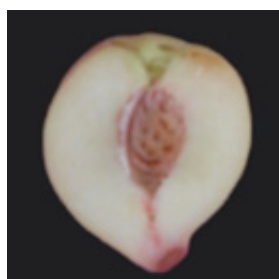
Peso médio: 110 g



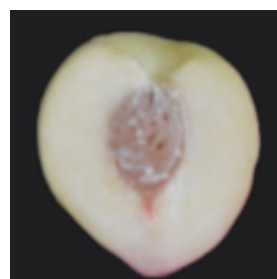
Peso médio: 105 g



Peso médio: 115 g



Peso médio: 100 g



Curiosidade sobre o pessegueiro da série IAC Jóia: comumente os frutos destes cultivares são comercializados genericamente como "pingo de mel".



Peso médio: 85 g
Atrativo: excelente sabor



Peso médio: 95 g
Atrativo: menor oxidação (escurecimento e alteração do sabor) do suco



Figura 3. Exemplo de cultivares e seleções de pessegueiro e nectarineira conservados no banco de germoplasma IAC Prunus e suas características.



Figura 4. Árvore adulta, inflorescências e frutificações de macadâmia. Detalhe de nozes e amêndoas da cultivar IAC 4-12B, de grande aceitação por parte dos produtores brasileiros.

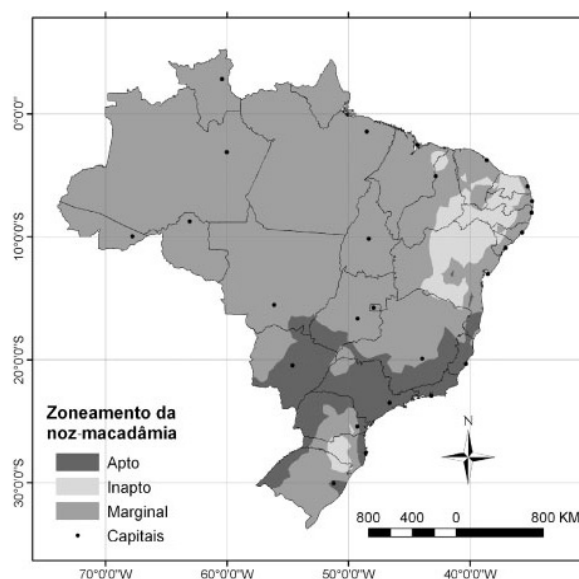


Figura 5. Mapa apresentando as áreas de possível expansão da cultura da macadâmia no Brasil (Schneider *et al.*, 2012).

Germoplasma de pitaya

A pitaya pertence à família Cactaceae e ao gênero *Hylocereus*, sendo nativa das regiões tropicais da América. A pitaya se desenvolve em ambientes sombreados, aderindo aos troncos de árvores e cresce até alcançar as regiões mais altas da planta. As flores são hermafroditas, grandes, medindo entre 20 e 30 cm de comprimento, e de cor branca. As flores, que abrem apenas à noite, perdem a viabilidade ao amanhecer se não forem polinizadas. Os frutos são globosos ou subglobosos, de coloração rósea, cobertos com brácteas, que lhes conferem a aparência de escamas, e atingem entre 10 e 20 cm de diâmetro. No interior dos frutos há numerosas sementes pequenas, medindo cerca de 3 mm de diâmetro e de coloração escura, distribuídas por toda a polpa.

O mercado de frutas exóticas está em ascensão no Brasil, e a pitaya é considerada promissora devido à sua rusticidade e poucas exigências nutricionais. A cultura também apresenta resistência à baixa disponibilidade hídrica, manejo simples e de baixo custo. Nos últimos anos, outras regiões têm se destacado na produção dessa fruta como o estado do Pará no Norte, Ceará e Bahia no Nordeste e os estados da região Sul. A expansão do cultivo tem ocorrido com materiais sem procedência, com problemas fitossanitários e pouca adaptação à região. Para a expansão da área de cultivo existe a necessidade de caracterização e testes dos materiais de regiões tradicionais de cultivo, além do desenvolvimento de novos materiais adaptados às condições edafoclimáticas

no estado de São Paulo. O banco de germoplasma de pitaya está sendo implementado no Centro Avançado de Pesquisa e Desenvolvimento de Frutas/IAC, em Jundiaí (SP). Serão realizadas prospeções em unidades da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) e em regiões produtoras de São Paulo, Minas Gerais e Paraná para buscar e complementar os materiais genéticos mantidos na APTA Regional de Presidente Prudente. Nessa fase, o banco incluirá as cultivares Roxa Paulista, Branca Presidente Prudente, Golden Israel, Izis, Delight, Dark Star, Physical Graffith, Halley Comet, Vietnamese White, Pepino Dolce, Rixford, Kona BR, Thompson G1, Red Nicaraguan, Zamorano, Costa Rican Sunset, Makisupa, Cosmic Charlie, Florida Red, Capistrano Valley, Vermelha RS, Tricia, El Grullo, Royal Red, Palota, Amazonas, Choruja, Laranjado (Socorro), Teruya e Vermelha Bill. O banco deve promover a efetiva conservação da coleção de pitaya e sua utilização como fonte de material genético para o programa de melhoramento, desenvolvendo novas cultivares IAC. Além disso, prevê-se a prestação de serviços de certificação genética de viveiros, fornecendo material para instalação de matrizeiros e análises genéticas dos matrizeiros pré-existentes.

Referências

SCHNEIDER, L. M.; ROLIM, G. D. S.; SOBIERAJSKI, G. R.; PRELA-PANTANO, A.; PERDONÁ, M. J. Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 515-524, 2012.



BANCOS ATIVOS DE GERMOPLASMAS DOS PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE GRÃOS E FIBRAS

Ignácio J. Godoy, João Francisco dos Santos,
Andrea R. A. Moraes, Marcos Michelotto,
José Antônio de Fátima Esteves, Rogério Soares
de Freitas, Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto
Paterniani, Cristina Fachinni, Sergio Augusto
Morais Carbonell e Alisson Fernando Chiorato*

*alisson.chiorato@sp.gov.br

GERMOPLASMA DE AMENDOIM, *Arachis hypogaea* L.

Os amendoins comerciais pertencem à espécie *Arachis hypogaea* L. O gênero *Arachis* compreende mais de 80 espécies, nativas da América do Sul, inclusive de grande parte do território brasileiro. A espécie cultivada compreende três subespécies segundo classificação botânica: *hypogaea*, *fastigiata* e *vulgaris*, as quais derivam os cultivares, classificados comercialmente em grupos segundo alguns caracteres morfológicos: Runner, Valência e Spanish.

No Brasil, o Cenargen/Embrapa tem sob sua guarda uma coleção com mais de 1.000 exemplares das diversas espécies de amendoim silvestre (*Arachis* spp.), e o IAC mantém uma coleção com cerca de 2.200 acessos do amendoim cultivado (*Arachis hypogaea*) (Figuras 1, 2 e 3). A coleção de germoplasma do IAC é mantida por sementes, sendo parte dela (1.800 acessos) conservada na Coleção de Base do Cenargen (armazenamento a longo prazo). Outros 400 acessos são mantidos no IAC como uma coleção-núcleo (*core collection*), de maior interesse para o melhoramento genético.

Essa coleção vem sendo formada e mantida ao longo de 70 anos, e as sementes têm diversas origens:

- linhagens/variedades nativas

- coletadas em diversas regiões do Brasil e países vizinhos;
- linhagens recebidas de outros países através do intercâmbio de germoplasma, destacando-se a Índia (ICRISAT), Estados Unidos (diversos estados) e Argentina (INTA).

A diversidade presente na coleção do IAC, compreende acessos dos três grupos botânicos (*hypogaea*, *fastigiata* e *vulgaris*). A coleção-núcleo, em especial, apresenta ampla diversidade para caracteres morfológicos das plantas, hábito de crescimento, reações a diversas doenças foliares, ciclo vegetativo, vagens e sementes (número de sementes/vagem, cor do tegumento, tamanho e formato das sementes), teores de óleo e proteína e teor de ácidos graxos do óleo.

Em anos recentes, a coleção-núcleo foi enriquecida com acessos oriundos do próprio programa de melhoramento genético do IAC, portadores da característica "Alto Oleico" e de genes introgrididos de espécies silvestres de *Arachis*, propiciando alta resistência a doenças foliares.

A importância da conservação desse acervo genético está principalmente no fato de que muitos genes ou segmentos cromossômicos presentes nos diversos acessos preservados em coleção ainda estão por serem descobertos, assim como novos caracteres poderão vir a ganhar importância no melhoramento genético.



Figura 1. Vagens e sementes do grupo Runner.



Figura 2. Vagens e sementes do grupo Valência.



Figura 3. Sementes variegadas.

GERMOPLASMA DE LEGUMINOSAS E ADUBOS VERDES

Dentre as múltiplas formas de utilização das plantas leguminosas e dos adubos verdes, além da manutenção e diversificação do banco ativo, diversas pesquisas fitotécnicas têm sido realizadas pelo Instituto Agrônomo desde a década de 1940, objetivando a indicação para os mais diversos sistemas de produção, com manejos como cultura intercalar, rotação de culturas, utilização para melhorar as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo ao longo dos cultivos, buscando um melhor desenvolvimento e produtividade das culturas comerciais e sistemas produtivos autossustentáveis.

O banco de germoplasma de leguminosas e adubos verdes do IAC conta com cerca de 175 acessos compostos de espécies, variedades e linhagens, com plantas diversificadas dentre as épocas de cultivo. Além dos adubos verdes, existem outros acessos compondo um grupo de plantas leguminosas alimentícias não convencionais e outras plantas forrageiras (Figuras 4 e 5). Com relação ao banco de germoplasma são realizadas as seguintes atividades: introdução, manutenção, avaliação, multiplicação, estudos fenológicos, agrônômicos, fitossanitários, botânicos (anatomia e atualização da classificação botânica) de genoma e identificação de genes de interesse, como subsídio

filotécnico e eventual utilidade para futuros lançamentos de cultivares.

Estudos de rendimento de fitomassa e grãos, em sucessão de culturas em sistema de plantio direto, solo pouco mobilizado e com preparo convencional; cultura em faixas, coquetéis, na integração lavoura-pecuária-floresta e em sistemas de produção ecológicos e agricultura familiar. Estudos de manejo do solo, nutrição de plantas e fertilidade do solo (acúmulo de nutrientes e aporte de N, gessagem em solos de distintas texturas) em sistemas de produção com culturas em sucessão e intercalares; recuperação de áreas degradadas (microbacias) e metais pesados, além de estudos ecofisiológicos: desenvolvimento vegetativo e radicular em distintas épocas de semeadura; plantas infestantes (alelopatia); resistência à seca (identificação de espécies mais tolerantes à restrição

hídrica na safrinha), e fitossanitários: ocorrência e severidade de doenças, pragas, vírus e nematoides para identificação de agente causal, deficiência diferenciada de espécies ou cultivares de leguminosas, de reincidências ou possível similaridade de hospedeiro em relação às culturas econômicas em cultivos em sucessão ou intercalares.

A diversidade de características das plantas leguminosas não convencionais sugere a potencialidade de seu uso culinário tradicional e seu uso como matéria-prima industrial para farinhas, pastas e enlatamento pré-cozido ou, até mesmo, para fabricação de rações.

As sementes do banco de germoplasma de leguminosas e adubos verdes estão armazenadas no CEC/IAC, Campinas (SP), em câmara fria, sob temperatura de 10 °C.

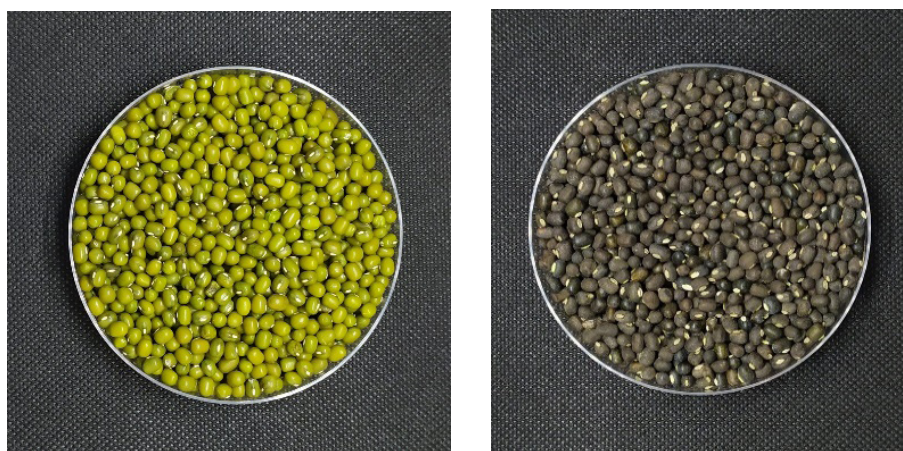


Figura 4. Sementes de mungo verde (*Vigna radiata*) e de mungo preto (*Vigna mungo*) pertencente ao banco de germoplasma de leguminosas do IAC.



Figura 5. Sementes de Red Bamboo à esquerda e Bamboo à direita (*Vigna umbelata*) pertencentes ao banco de germoplasma de leguminosas do IAC.

BANCO DE GERMOPLASMA DE MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é provavelmente a espécie que conta com a maior variabilidade genética entre as plantas cultivadas; já foram identificadas milhares de variedades. Essa cultura também possui ampla adaptação ambiental a diversas condições climáticas, altitudes e latitudes. A grande variabilidade genética do milho faz com que ele seja cultivado em quase todo o globo terrestre e utilizado de inúmeras formas.

A diversidade genética se reflete nos diferentes tipos de grãos, na textura, dureza e composição do endosperma e em muitas cores, do branco ao alaranjado e até preto (Figura 6). Muito versátil, o milho possui diversos benefícios: é uma importante fonte energética e apresenta alto teor de

fibras, sendo utilizado na alimentação humana, na ração animal e na fabricação de diversos produtos na indústria.

Os bancos de germoplasma têm como função manter a biodiversidade e a variabilidade da espécie para garantir a produção sustentável e a segurança alimentar. O banco de germoplasma de milho do IAC mantém, há décadas, dezenas de populações de milho, variedades antigas, recentes, linhagens, bem como todo o germoplasma utilizado no programa de melhoramento. As sementes são conservadas em câmaras frias, com umidade e temperaturas baixas e rejuvenescidas todos os anos.

O programa de melhoramento genético de milho e de milhos especiais do IAC tem um importante papel no desenvolvimento de cultivares voltadas à alimentação humana e na manutenção da variabilidade

genética em bancos de germoplasma. A variabilidade existente na cultura, atualmente, permite que haja uma grande reserva genética a ser utilizada na pesquisa, o que é extremamente favorável, pois amplia as fontes de variabilidade no desenvolvimento de novas cultivares, visando ao enfrentamento de problemas agrícolas como pragas, doenças e mudanças climáticas.

Com a predominância de sementes transgênicas no mercado brasileiro e mundial de milho que, apesar de vantajosa sob vários aspectos agrícolas, acarreta perda de variabilidade genética, está havendo a procura por cultivares convencionais (não transgênicas) de milhos especiais e de novas fontes de resistência a doenças, pragas e tolerância à seca. O IAC possui um banco de germoplasma de milho convencional, com híbridos que já não existem no mercado, populações com graus elevados de tolerância à seca, linhagens e vários tipos de milho, como milho verde, milho pipoca e milho branco (para canjica).

Os milhos especiais IAC são importantes por atenderem a nichos específicos de mercado e agregarem

valor à produção, sendo importantes na sustentabilidade da produção. O híbrido de milho verde IAC 8053 é próprio para a demanda de alimentação humana, que está cada vez maior devido à falta de cultivares no mercado para esse fim. Vários outros híbridos estão sendo desenvolvidos para o mercado de milhos para alimentação humana.

Outro importante trabalho realizado pelo programa milho IAC refere-se à parceria com a Associação Arte e Vida, de Guapiara (SP). Em parceria com o IAC, tem-se buscado a conservação de variedades locais de milho palha roxa (Figura 6). Esses milhos têm uma importância local e são usados tanto para a confecção de artesanato da palha quanto para a culinária tradicional local com pratos de milho verde.

A combinação da palha roxa com os grãos de milho verde gera produtos específicos na culinária, como a pamonha da palha roxa. As comunidades locais valorizam o milho palha roxa devido ao sabor diferenciado dessas variedades. A gastronomia é uma grande demanda de milho e vem se sobressaindo em várias partes do Brasil e do mundo.



Figura 6. Variabilidade genética de acessos do banco de germoplasma de milho do IAC.

BANCO DE GERMOPLASMA DE FEIJOEIRO

O banco de germoplasma de feijoeiro do Instituto Agrônomo conta com acessos dos centros de origem andino e mesoamericano da espécie,

diversas raças locais de diferentes países sul-americanos, e grande número de linhagens provenientes de programas de melhoramento genético de Instituições de pesquisa nacionais e internacionais. Ao todo, o banco conta com 2.200 acessos de

feijoeiro apresentando características importantes para o melhoramento genético da cultura, avaliados por meio de descritores botânicos e agronômicos. Assim, um total de 53 descritores agromorfológicos qualitativos e quantitativos, são avaliados referentes a: descritores de semente, descritores de vagem, descritores de planta e, reação à antracnose.

Para esse trabalho, o programa de melhoramento genético de feijoeiro conta com um programa computacional específico para armazenamento das informações, dividido de acordo com os quatros segmentos listados anteriormente, permitindo e auxiliando o pesquisador na identificação de informações para compor as combinações de blocos de cruzamentos.

Os descritores comumente utilizados e avaliados no banco de germoplasma são: massa de mil sementes (SEMMS), cor primária da semente (SECP), cor secundária da semente (SECS), brilho da semente (SEB), forma da semente (SEF), número de cores (SENC), cor do halo (SECH), perfil da semente (SEP) e tamanho da semente (SET). Descritores de vagem mais comumente avaliados são: cor primária (VCP), secundária quando presente (VCS), tom da cor secundária quando presente (VTCS), comprimento

(VC), largura (VL), perfil (VP) e número de sementes (VNS). Como descritores de planta são analisados cor da asa na flor (FLCA), formato da bractéola (FLFB), altura de planta (AP) e hábito de crescimento (HC). As avaliações de reação à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) são realizadas em condições de laboratório, inoculando plântulas dos acessos para as seguintes raças fisiológicas: 65, 81, 89, 527 e 589 (Figura 7).

Outra importante participação do uso do germoplasma de feijoeiro está relacionada ao mercado consumidor, para grãos de feijão diferentes do tipo carioca e preto. No Brasil, há uma crescente demanda por tipos diferentes aos grãos carioca e preto, visando um maior valor agregado ao produto e também para o segmento de exportação. Empresas empacotadoras buscam por um produto diferenciado em qualidade e tipo de grão, colocando nas prateleiras dos supermercados produtos com embalagens de 500 g para um segmento da população de maior poder aquisitivo. Esses tipos preferidos ou ofertados por essas empresas são o Rosinha, Bolinha, Rajado, Cramberry e Branco, sendo comumente importados de outros países do Mercosul, Canadá ou EUA, pois não há um fluxo de produção de qualidade no Brasil para atender à demanda anual (Figura 8).

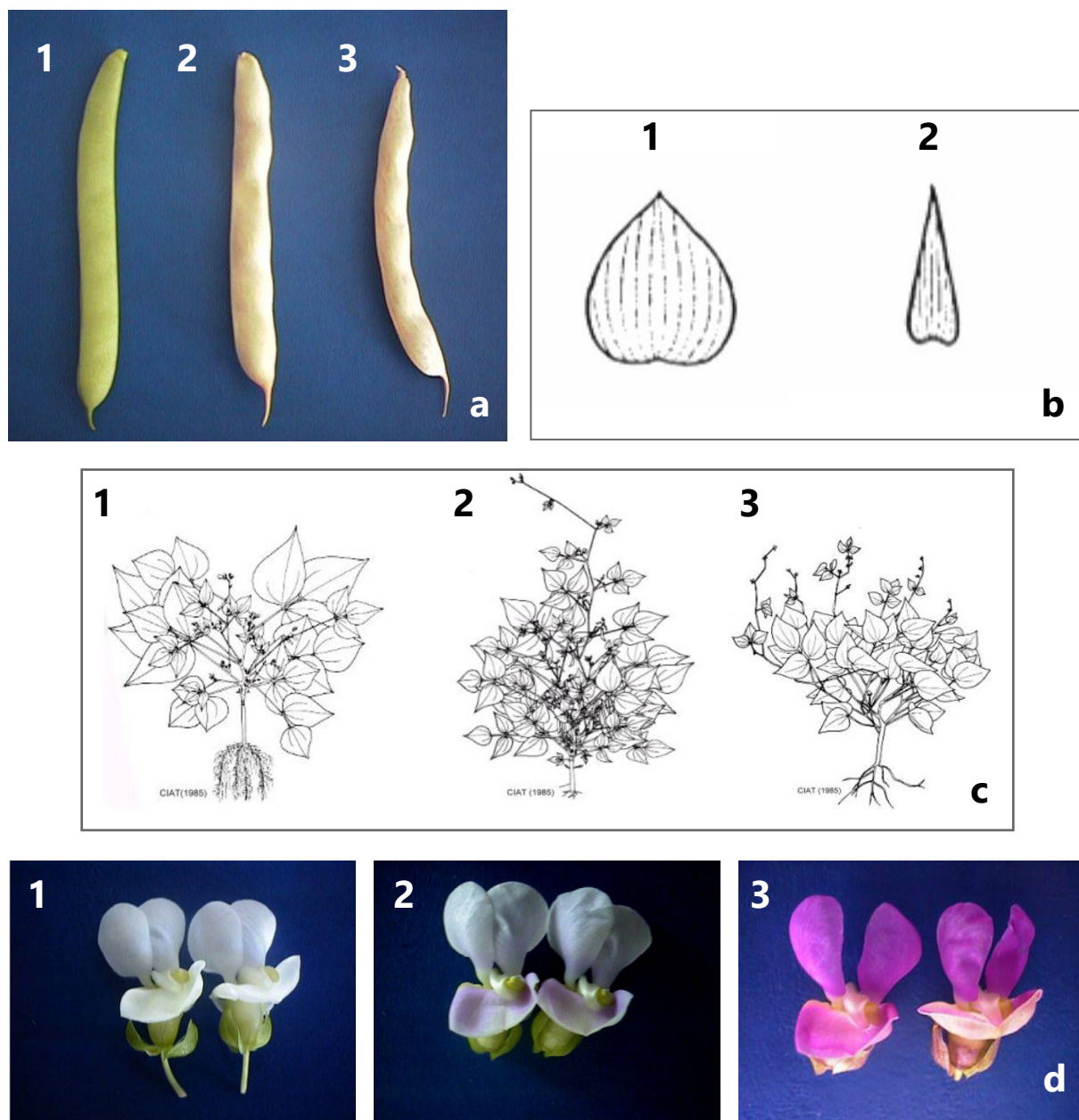


Figura 7. Características morfológicas da planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): **a.** Vagem: perfil: 1. recurvado, 2. reto e 3. arqueado; **b.** Flor: formato da bractéola: 1. ovalada cordata grande (mesoamericano) e 2. triangular pequena (andino); **c.** Hábito de crescimento: 1. determinado, 2. indeterminado arbustivo e 3. indeterminado prostrado; **d.** Flor: cor da asa: 1. branca, 2. rósea e 3. violeta.



Figura 8. Variabilidade de grãos presentes no banco de germoplasma de feijoeiro do IAC.



COLEÇÕES DE GERMOPLASMAS DE ESPÉCIES HORTÍCOLAS:

Conservação e prospecção
para inovação na
horticultura e segurança
alimentar

Eliane Gomes Fabri*, José Carlos Feltran,
Thiago Leandro Factor, Sebastião de Lima Junior,
Roberto Botelho Ferraz Branco, Valeria Aparecida
Modolo, Charleston Gonçalves, Carlos Eduardo
Rossi, Sally Ferreira Blat, Eduardo Yuji Watanabe,
Valdemir Antonio Peressin, Luis Felipe Villani
Purquerio e Lilian Cristina Anefalos

*eliane.fabri@sp.gov.br

Introdução

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA-SP), tem mantido por décadas diversas coleções de germoplasmas de espécies hortícolas como: alho, cebola, batata, batata-doce, mandioca, cará, tomate, palmeiras produtoras de palmito, cacau, urucum, pimentas, pimentões, plantas aromáticas, condimentares e medicinais, hortaliças diversas (alface, abóboras, buchas, jiló, quiabo, maxixe, morango, etc.) e flores tropicais. As coleções de germoplasmas de espécies hortícolas foram concebidas na década de 1930 e com grande incremento até a década de 1990. Desde então, um trabalho árduo tem sido realizado para a manutenção e conservação dessas coleções. Algumas dessas coleções tiveram mais acessos introduzidos a partir de 2005 e algumas dessas coleções são mantidas por meio de sementes catalogadas em câmaras frias, outras por meio de cultura de tecidos, em laboratório de cultivo in vitro e outras são mantidas a campo, exigindo grande esforço para manutenção.

Atualmente com o advento da bioeconomia e os desafios associados à busca da sustentabilidade, de respostas às mudanças climáticas globais, à redução de emissão de gases de efeito estufa, dentre outros desafios de grandeza maior, apontam para a necessidade de se intensificarem o enriquecimento, a conservação, a caracterização, a agregação de valor e a promoção da utilização dos recursos

genéticos vegetais, guardados em coleções de germoplasmas para o presente e futuro, de modo a promover e garantir a segurança alimentar.

Coleção de Germoplasma de Raízes e Tubérculos

A coleção de germoplasma de raízes e tubérculos iniciou na década de 1930 com doações enviadas ao IAC. A partir de 1935, foram formalizadas as coleções genéticas de batata (*Solanum tuberosum* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). A coleção de tuberosas diversas agrega diversas espécies, entre elas batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), inhames (*Dioscorea alata* L., *Dioscorea cayenensis* Lam. e *D. bulbifera* L.), barbasco (*Dioscorea composita* Hemsl., *Dioscorea floribunda* M. Martens e Galeotti, *Dioscorea spiculiflora* Hemsl.), mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), araruta (*Maranta arundinacea* L.), jacatupé (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.) e tupinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Posteriormente essa coleção de germoplasma foi ampliada por coletas feitas, no caso de mandioca e batata-doce, por pesquisadores do IAC e por envio de material genético por pesquisadores do exterior que tinham relacionamento com os pesquisadores da época. Nesse caso citamos o envio de inhame e barbasco pelo Dr. Franklin W. Martin, da Federal Experiment

Station, de Maiaguez - Porto Rico ao Dr. Edgard Sant'Anna Normanha, por volta de 1970.

Coleção de Germoplasma de Batata

A batata tem seu centro de origem na região Andina da América do Sul, sendo que sua domesticação ocorreu

a mais de 7 mil anos no altiplano no sul do Peru. Estão catalogadas entre 3.000 a 4.000 cultivares de batata pelo mundo, sendo que a maioria é proveniente da espécie *Solanum tuberosum* (Figura 1). No entanto, no seu centro de origem, existem mais de 200 espécies consideradas silvestres e taxonomicamente distintas.



Figura 1. Diversidade de espécies de batata em seu centro de origem. Fonte: Centro Internacional de La Papa (CIP).

Até o século 16 a batata era conhecida unicamente na América do Sul. O primeiro registro de batata fora do continente sul-americano é referenciado nas Ilhas Canárias, em 1567. No Brasil, a batata foi introduzida por imigrantes europeus, no final do século XIX. É considerada cultura de grande importância econômica e alimentar no país. Em 2021, foram produzidas 4,126 milhões de toneladas

do tubérculo (IBGE, 2022).

A produção brasileira de batata está baseada no uso de cultivares desenvolvidas em países de clima temperado, sob condições de dias longos e temperatura amena. A batata em países de clima temperado tem apenas um plantio por ano. Em condições tropicais como as do Brasil, dependendo da altitude do local, é

possível plantar e colher batata o ano todo. É importante, que os programas de melhoramento preconizam selecionar variedades resistentes a pragas e doenças, adaptadas às nossas condições de clima e sistema de cultivo.

A coleção de germoplasma de batata do IAC teve início na década de 1930 com a introdução de cultivares alemãs e diversas avaliações foram conduzidas pelo Dr. José Olavo Boock, expandindo-se posteriormente com a introdução de cultivares holandesas. Atualmente conta com 340 acessos, sendo o mais longo do país, composto por acessos de *Solanum tuberosum* e por algumas espécies silvestres, além de cultivares nacionais e importadas e por clones avançados, selecionados em função de sua adaptação às nossas condições tropicais e subtropicais de cultivo. Esses acessos foram e são estudados em relação ao comportamento produtivo e resistência a doenças e pragas e utilizados no programa de melhoramento genético de batata do IAC. Destacamos os pesquisadores Dr. Hilário da Silva Miranda Filho, Dr. Newton do Prado Granja e Dr. Valdir Josué Ramos, que iniciaram os trabalhos que deram origem às primeiras cultivares de batatas do IAC: IAC Itararé, IAC Aracy, IAC Aracy Ruiva, IAC Ibituaçu e IAC Vitória. Atualmente, em continuidade ao trabalho de melhoramento genético da batata estão o Dr. Thiago Leandro Factor, MSc. Sebastião de Lima Junior, MSc. Eduardo Yuji Watanabe, Dra. Sally Ferreira Blat e Dr. José Carlos Feltran.

A coleção de batata é mantida em campo pelas Unidades de Pesquisa do IAC de Itararé e Mococa e vem sendo utilizada no programa de melhoramento genético de batata do IAC, por outras instituições nacionais e internacionais de pesquisa, por intercâmbio de genótipos. As caracterizações e avaliações para os principais problemas da bataticultura nacional são constantemente realizadas, valorando o germoplasma conservado. Em virtude do processo de degenerescência natural do material de propagação de batata, paralelamente ao trabalho de manutenção da coleção em campo, é utilizado o método de conservação in vitro, realizada pelo Laboratório de Micropropagação do setor de Raízes e Tubérculos do Centro de Horticultura/IAC. A conservação in vitro envolve a limpeza clonal, manutenção de material propagativo e produção de novas plântulas, mediante subculturas periódicas de segmentos apicais e nodais.

Um dos genótipos destaques da coleção de batata, a cultivar IAC Aracy (Figura 2), selecionado principalmente por sua rusticidade, é ainda hoje, já depois de seu cinquentenário, um dos genótipos com maior resistência à pinta preta em países de clima tropical, sendo considerado padrão nacional de resistência a essa doença para ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) para registro de cultivares e obtenção do Registro Nacional de Cultivares (RNC) junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).



Figura 2. Aspecto dos tubérculos (a) e da planta de batata (b) da cultivar IAC Aracy. Foto: Sally Blat (2017) e Acervo do Instituto Agrônômico (1990).

A IAC Ibituaçu (Figura 3), obtida em 1980, em campos de seleção do Núcleo Regional de Pesquisa de Itararé/IAC, tem sido utilizada pelos diferentes programas de melhoramento como fonte de resistência. Essa variedade, com

alto teor de matéria seca é considerada atualmente como um dos genótipos que possui maior nível de resistência à principal doença da batata, a requeima (*Phytophthora infestans*).

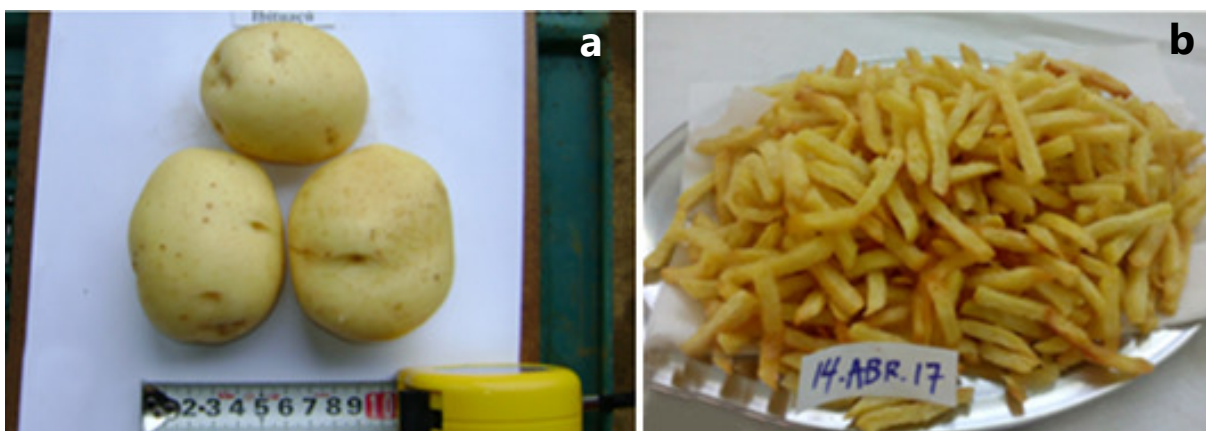


Figura 3. Aspecto dos tubérculos (a) e da batata frita na forma de palito (b) das cultivares de batata IAC Ibituaçu. Foto: Sally Blat (2017) e Acervo do Instituto Agrônômico (1990).

Além dessas duas importantes variedades, consideradas fonte de resistência para a bataticultura de clima tropical, diversas outras variedades foram lançadas, dentre elas cabe destacar a variedade IAC Itararé (IAC 5986) em 1972, a IAC Aracy Ruiva em 1986 (um mutante da variedade

IAC Aracy) e a IAC Vitória, em 2010. Recentemente, contudo, vem sendo realizados cruzamentos e seleção visando, além de resistência às principais doenças que acometem a batata, alta produtividade, formato, cores e sabores diferenciados (Figura 4).



Figura 4. Diversidade de clones e variedades IAC: diferentes cores de polpa e formatos de tubérculos e aspecto de campo e após fritura de novos clones de batata do programa de melhoramento obtidos com o uso de acesso da coleção genética de batata. Foto: Eduardo Yuji Watanabe (2018) e José Carlos Feltran (2024).

Coleção de Germoplasma de Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem como centro de origem a região Brasil-Paraguai, provavelmente derivou de um ancestral comum, no entanto estudos recentes identificaram dois polos de difusão de mandioca, um na região amazônica onde predominam as cultivares com alto teor de ácido cianídrico (HCN) e outro na região do centro-sul e litorânea, com variedades de baixo teor de HCN. A coleção genética conta com introduções do exterior como: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia e do Brasil, oriundos de expedições de coleta de material genético de mandioca conduzidas pelo Dr. Edgard Sant'Anna Normanha e pelo Dr. Araken Soares Pereira e coleta executada na periferia das cidades do estado de São Paulo, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob a responsabilidade

dos pesquisadores Dr. José Osmar Lorenzi e Dra. Teresa Losada Valle. Outras expedições de coleta ocorreram no estado de Mato Grosso juntamente com pesquisadores e extensionistas da Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER). A coleção de germoplasma atualmente conta com 390 acessos. Do programa de melhoramento utilizando acessos dessa coleção foram obtidas as cultivares IAC 12, IAC 13, IAC 14, IAC 15, IAC 90 e IAC 118-95 para indústria e IAC 576-70, IAC 6-01 Vitaminada e IAC 28 Bruta para mesa; outros clones de indústria estão em processo de registro, como os clones IAC 19, IAC 32, IAC 87 e IAC 95 (Figura 5). Atualmente o programa de melhoramento de mandioca para mesa ou indústria é coordenado pelo Dr. José Carlos Feltran e conta com o apoio de outros pesquisadores colaboradores do IAC e APTA Regional, bem como, dos técnicos de apoio de ambas instituições.



IAC 28 Bruta

IAC 601 Vitaminada



Figura 5. Aspecto de novas cultivares de mandioca de mesa registradas no MAPA (acima) e de clones avançados de mandioca de indústria (abaixo) derivados do programa de melhoramento genético de mandioca do IAC utilizando como genitores acessos da coleção genética de mandioca do IAC. Foto: Daniel Gomes (2021) e João Carlos dos Santos Navarro (2020).

Coleção de Germoplasma de Batata-doce

A batata-doce é uma planta originária da América Tropical, tendo como provável centro de origem a extensão desde a América Central (Yucatan no México, Guatemala, Panamá) até o noroeste da América do Sul (Venezuela, Colômbia, Equador e Peru). Os primeiros trabalhos com

batata-doce *Ipomoea batatas* (L.) Lam., no Instituto Agrônomo, foram realizados em 1930 com a formação de coleção de variedades e instalação dos primeiros experimentos de competição de variedades. Na coleção de germoplasma do IAC há 64 acessos obtidos do exterior e coletados no Brasil por pesquisadores do IAC (Figura 6).



Figura 6. Aspecto geral das plantas de batata-doce da coleção de germoplasma (a) e das raízes tuberosas das variedades Rio de Janeiro II, Monalisa, IAC 2-71, Centenial, Brasilândia Roxa, Rainha, Hayama Branca e Hayama Vermelha (b). Foto acervo IAC (década de 1980).

Nessa época foram obtidas as cultivares IAC Monalisa e IAC 2-71 de alto potencial. Esses acessos foram avaliados em sistemas de produção pelo Dr. Domingos Antônio Monteiro

e pelo Dr. Valdemir Antônio Peressin, que atualmente é o responsável pelo programa de melhoramento genético de batata-doce do IAC com foco em cultivares biofortificadas (Figura 7).

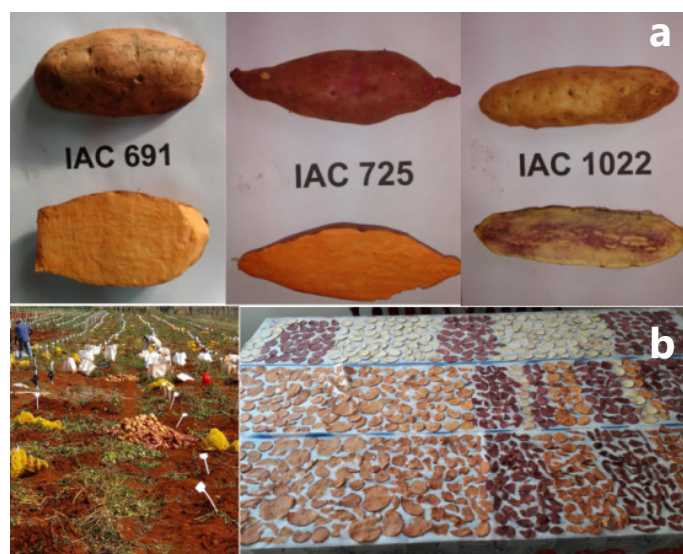


Figura 7. Aspecto de novos clones de batata-doce biofortificados, do campo de cultivo (a) e de fatias assadas derivados do programa de melhoramento genético obtidos com o uso de acesso da coleção genética de mandioca (b). Foto: Valdemir Antônio Peressin (2019); Luís Carlos Bernacci (2020).

O programa de melhoramento de batata-doce do Instituto Agrônomo (IAC) registrou junto ao Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA) seis cultivares de batatas-doces em

2021: IAC 134 AL01, IAC Ametista, IAC Santa Elisa (Figura 8), IAC Lavínia, IAC Prudentina e IAC Clara para produção de raízes tuberosas (Figura 9).

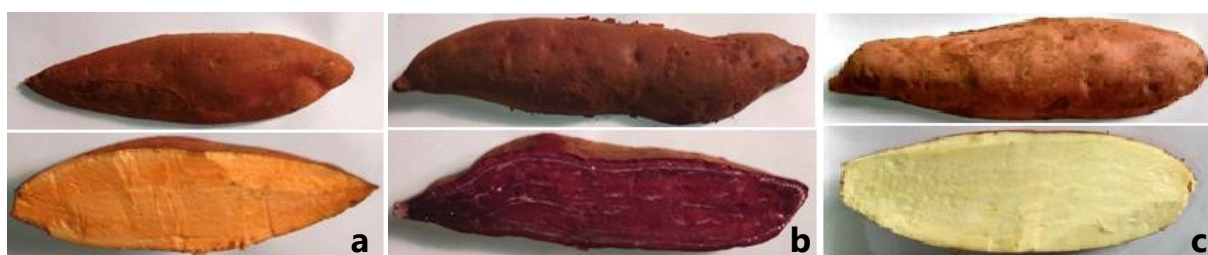


Figura 8. Cultivares de batatas-doces: IAC 134 AL01 (a); IAC Ametista (b) e IAC Santa Elisa (c).



Figura 9. Cultivares de batatas-doces: IAC Lavínia (a); IAC Prudentina (b) e IAC Clara (c).

Coleção de Germoplasma de *Dioscorea*

O gênero *Dioscorea* engloba mais de 600 espécies e tem como provável centro de origem as regiões tropicais da África, América e Ásia. No IAC os trabalhos de pesquisa com plantas do gênero *Dioscorea* foram iniciados em 1937, com a formação de coleção de germoplasma e início do programa de melhoramento. A espécie *D. alata* L., de grande importância para o setor produtivo (Figura 10a e 10b), tem na coleção de germoplasma

20 acessos introduzidos de diversas localidades, merecendo destaque o SRT 29 'Flórida', o único resistente aos nematoides e à antracnose - complexo de doenças formado pela interação de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Curvularia pallescens*, *Curvularia eragrostides*, *Pestalotia* sp e *Rhizoctonia solani* - (AMUSA, 1997), sendo esta última responsável pela destruição das plantações comerciais de cará "Mimoso" e "Caipira".

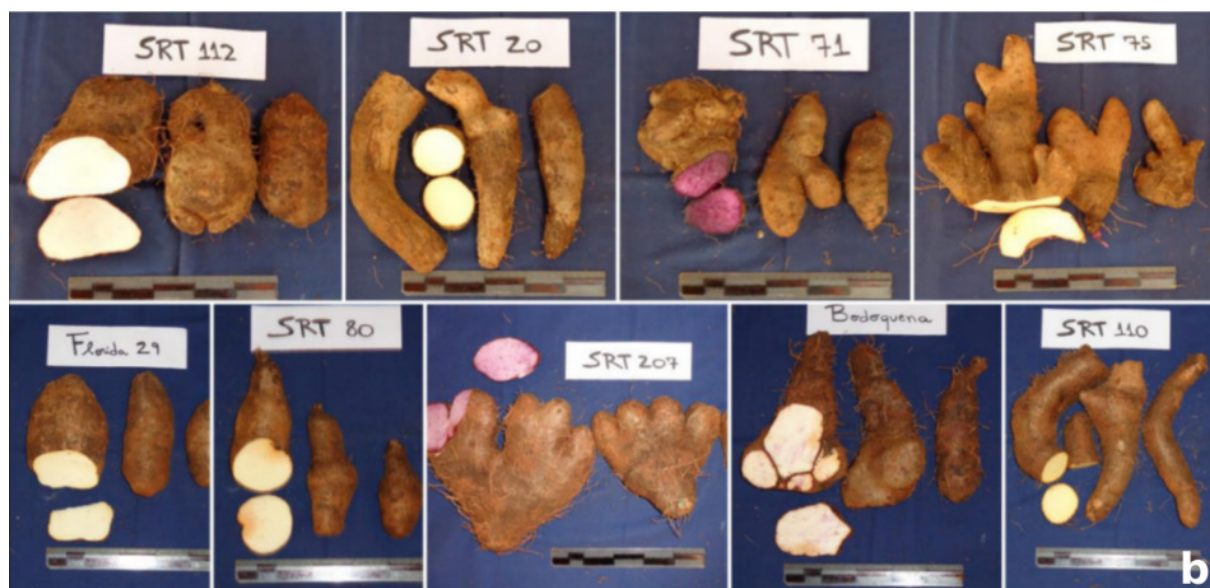


Figura 10. Aspecto geral das plantas e tuberas da espécie *D. alata* L. (a); Aspecto de alguns acessos da coleção genética de inhame (b). Foto: José Carlos Feltran (2014).

Ainda com relação ao gênero *Dioscorea* nas introduções de espécies ricas em diosgeninas introduzidas por meio de sementes verdadeiras entre 1961 e 1972 dos EUA, México e Porto Rico, destacam-se os estudos feitos com as espécies *D. floribunda* Mart. et Gal., *D. composita* Hemsl., *D. spiculiflora* Hemsl. e *Dioscorea* sp., denominadas

barbascos (Figura 11). A importância desses materiais reside no fato de que as diosgeninas são utilizadas em larga escala pela indústria farmacêutica na formulação de hormônios esteroides, tais como progesterona, corticosteroide, andrógeno, estrógeno e nor-esteroide.



Figura 11. Aspecto geral das plantas das espécies *D. composita* Hemsl., *D. floribunda* Mart. et Gal. e *D. spiculiflora* Hemsl. e forma química da molécula de diosgenina.

Os teores de diosgenina são variáveis, havendo grandes oscilações. No Brasil, especificamente no estado de São Paulo, vários estudos foram feitos nas regiões ecológicas de Campinas, Pariqueira-Açu e Ubatuba para se verificar a adaptação dessas espécies e a viabilidade econômica do cultivo.

Coleção de Germoplasma de raízes e tuberosas diversas

As ararutas (*Maranta arundinacea* L.), originárias da região norte da América

do Sul e das Antilhas, também fazem parte do acervo genético do Centro de Horticultura/IAC. Essa espécie restringe-se a dois genótipos, a 'Comum' e a 'Creoule', esta última introduzida das Ilhas de Saint Vicent, Antilhas, em 1962. Com características semelhantes à da araruta Tamoatarana (*Saranthe marcgravii* Pickel), também originária da América, foi introduzida do estado de Mato Grosso em 1941 na coleção de germoplasma do Centro de Horticultura/IAC (Figura 12).



Figura 12. Aspecto geral das plantas e rizomas das espécies *Maranta arundinacea* L. (araruta) e *Saranthe marcgravii* Pickel, (tamatarana ou tamoatarana).

No Brasil, os estudos sobre a araruta foram intensificados na década de 1950 no IAC. Essas plantas foram cultivadas em escala comercial apenas na região de Tambaú, no estado de São Paulo e no Vale do Itajaí, no estado do Rio Grande do Sul. As características especiais da fécula dos rizomas dessas espécies garantem o uso em alguns segmentos industriais e a preservação cultural do uso antigo da fécula (amido) na confecção de bolos, biscoitos e de outros quitutes. Atualmente algum interesse tem sido detectado no setor de orgânicos, sendo crescente o número de consultas e pedidos de mudas.

O inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) é a base da alimentação de muitas populações do continente asiático e das Ilhas do Pacífico Sul, sendo essas localidades seu provável centro de origem e dispersão. As taiobas (*Xanthosoma sp.*) têm como provável centro de origem e dispersão a região norte da América do Sul, incluindo as Antilhas. São espécies de grande importância alimentar e também muito presentes na alimentação de populações tradicionais do meio rural do Brasil, sendo mantidas na coleção de germoplasma do Centro de Horticultura/IAC (Figura 13).



Figura 13. Aspecto geral das plantas e rizomas das espécies *Xanthosoma maffa* Schott (mangarito), *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott (taioba) e *Colocasia esculenta* (L.) Schott (inhame).

O consumo mais comum para as taiobas é o uso das folhas refogadas, processo que degrada pelo calor os princípios irritantes presentes na seiva da planta, sendo estas de grande valor nutricional. Dentre estas, destaca-se o mangarito (*Xanthosoma maffa* Schott), cujos rizomas de coloração amarelo-clara são muito apreciados no preparo de pratos típicos, como arroz com mangarito.

Coleção de Germoplasma de Pimentas e Pimentões

A pimenteira é uma planta cujo gênero (*Capsicum*) é originário das Américas, sendo disseminada pelo resto do mundo a partir das viagens intercontinentais iniciadas por Colombo no século XV. Seus frutos são utilizados como condimento, em

razão, principalmente, da presença de substâncias pungentes: a capsaicina.

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura/IAC mantém uma coleção de germoplasma de *Capsicum* spp. com pimentas e pimentões das espécies *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum praetermissum* e *C. pendulum* desde 1961. Há genótipos de diferentes estados brasileiros e de outros países englobando todos os grupos, por exemplo: malagueta, de cheiro, cumari, chapéu de frade, biquinho, cayenne, jalapeño, serrano, Carolina Reaper, etc. Há fontes de resistência às principais doenças e pragas que acometem a cultura. Além disso, há numerosas formas, cores e sabores conforme é possível observar uma pequena amostra na figura 14.

As coleções de germoplasmas desempenham um papel fundamental na conservação da diversidade genética das plantas, como o de *Capsicum* spp. do IAC. O primeiro programa formal de melhoramento de pimenta/pimentão do Brasil começou no IAC em 1961 com foco em resistência a uma virose, o mosaico (Potato virus Y - PVY), doença que inviabilizava essas culturas, pelo pesquisador Dr. Hiroshi Nagai, que em 1967 lançou as variedades de pimenta doce e pimentão da intitulada série "Agrônômico". Em 1967, foi editado no IAC o primeiro boletim técnico sobre essa cultura, descrevendo algumas características e recomendando 14 variedades para plantio no estado de São Paulo. Os primeiros estudos foram realizados com cerca de 90 genótipos, englobando, pelo menos, duas fontes de resistência ao vírus. Em 1987, Nagai e Lourenção selecionaram

e lançaram uma pimenta do grupo Chapéu de Frade (IAC Ubatuba) com altos níveis de resistência aos ácaros rajado (*Tetranychus urticae*) e branco (*Polyphagotarsonemus latus*), sendo uma das raras pimentas com essa característica no mundo.

Atualmente a coleção de germoplasma de pimentas e pimentões está sob os cuidados dos pesquisadores Dra. Sally Ferreira Blat (pimentão) e Dr. Carlos Eduardo Rossi (pimentas).

A variabilidade genética desse gênero deve-se ao mecanismo de multiplicação. Trata-se de uma planta autógama (que se autopoliniza), porém a taxa de polinização cruzada é muito alta (2% a 90%), o que torna trabalhoso o manejo para proteger as flores e obter as sementes puras dentro do programa de melhoramento genético.



Figura 14. Amostra da diversidade de formatos, cores e tamanhos de frutos da coleção de pimentas do Instituto Agrônômico (IAC).

A coleção de germoplasma de *Capsicum* do IAC possui atualmente mais de 1.000 acessos, sendo cerca de 130 de pimentões e 850 de pimentas. Entre esses materiais temos diferentes espécies como já mencionadas no texto, parentais e progênies em gerações avançadas para diferentes finalidades.

Coleção de Germoplasma de Tomate

A coleção de tomate do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura/IAC, foi iniciado na década de 1960, com introduções do tipo Santa Cruz e variedades provenientes de instituições do exterior. A partir de cruzamentos entre esses genótipos e seleção criteriosa de progênies, obtiveram-se variedades da série 'Ângela'. As décadas de 1970 e 1980 foram um período de intensa atividade de hibridação entre 'Ângela' e outras introduções. A avaliação e a seleção de progênies culminaram no lançamento de 'Santa Clara', a variedade de maior representatividade na coleção do IAC nas décadas de 1980 e 1990. Pelo acervo de informações do germoplasma de tomate percebe-se grande empenho em se produzir híbridos de tomate do grupo Santa Cruz, resistentes a viroses. Em 1981, foram introduzidos alguns acessos de tomate do grupo cereja (*Solanum lycopersicon* var. *cerasiforme*), coleção bastante ampliada a partir de 1990. Também em 1990, iniciou-se o trabalho de melhoramento do tomateiro de crescimento determinado buscando resistência a viroses, principalmente tospovírus (*Tomato spotted wilt virus*

- TSWV) e geminivírus (*Tomato yellow vein streak virus* - ToYVSV) realizando-se cruzamentos entre genótipos com resistência pertencentes à coleção do IAC e 'Santa Clara' como genitor principal. Embora o panorama de lançamento de novos híbridos e variedades de tomate tenha sido determinado principalmente pela iniciativa privada, acreditamos no potencial da coleção de tomates do IAC no sentido de preservação de acessos para novas possibilidades e avanço do programa de melhoramento da espécie, em condições tropicais de cultivo e oferta de novos produtos para mercados diferenciados.

Atualmente, o germoplasma de tomate do IAC é composto de 309 acessos separados didaticamente em 5 grupos: (1) Variedades, com 90 acessos; (2) Minitomate, com 33 acessos; (3) Heirloom, com 18 acessos; (4) selvagens, com 20 acessos; (5) Cruzamentos e linhagens das séries tospovírus e geminivírus, com 148 híbridos e progênies.

O grupo das variedades contém genótipos como Platense, Rey de los Tempranos, Rei Humberto, Santa Cruz, Ângela e Santa Clara, que conservam características organolépticas de interesse possibilitando resgate do sabor na obtenção de híbridos modernos de tomate.

O grupo de minitomate é bastante interessante, pois possui uma amplitude de formatos e coloração, o que pode subsidiar programas de melhoramento de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) (Figura 15).



Figura 15. Material de minitomate da coleção de germoplasma - IAC.

O grupo Heirloom ou 'tomate raiz' é um verdadeiro resgate do passado, com cores, formatos e sabores que ampliam a apreciação gastronômica do consumo in natura de tomate. Para conservar e resgatar acessos de

tomate do grupo Heirloom existe uma sociedade na Califórnia (Tomato World Society), cujo objetivo é integrar produtores, pesquisadores e empresas focados na segurança genética desse grupo de tomate (Figura 16).



Figura 16. Material de tomate Heirloom da coleção de germoplasma - IAC.

O grupo de tomate selvagem é composto de 9 acessos de *Solanum peruvianum*, 4 acessos de *S. pimpinelifolium*, 3 acessos de *S. hirsutum* f. *glabratum*, 1 acesso de *S. hirsutum* f. *tipicum*, 1 acesso de *S. chmielewskii* e 2 acessos de

S. lycopersicum var. *cerasiforme*. Essas espécies são fundamentais como fontes de resistência a doenças em um programa de melhoramento de tomate e de possibilidade de resgate de formatos, cores e sabores de frutos (Figura 17).

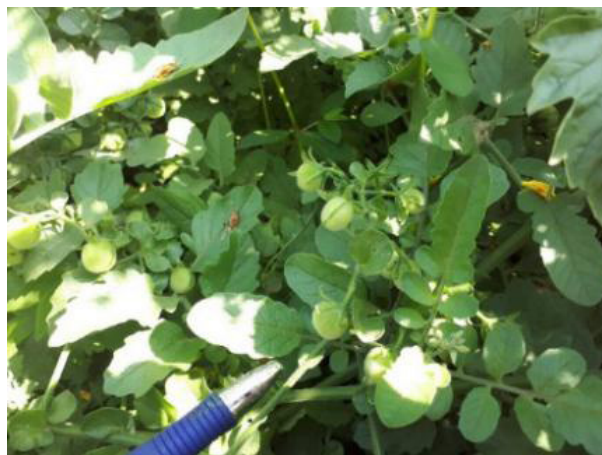


Figura 17. Material de tomate selvagem da coleção de germoplasma - IAC.

O grupo dos cruzamentos e linhagens é composto de 148 acessos originários de diversas hibridações com foco na resistência às viroses tospovírus e geminivírus. Os genótipos são especialmente de crescimento determinado, com progênies em diversas etapas de hibridação,

visando obtenção de linhagens para produção de híbridos com resistência a viroses. Os acessos desse grupo possibilitam a retomada de programa de melhoramento de tomate na busca do resgate do sabor associado à resistência às principais viroses do cultivo de tomate no Brasil (Figura 18).



Figura 18. Material de tomate originário de diversas hibridações com foco na resistência às viroses tospovírus, da coleção de germoplasma - IAC.

A coleção de tomate do IAC possibilita a execução de projetos com o objetivo de desenvolver variedades e híbridos que atendam à necessidade de cultivo em condição de clima tropical, pois há tempos que a coleção tem o viés de tropicalização de genótipos de tomate. É importante salientar que a coleção de tomate do IAC conserva genótipos de grande importância, com possibilidade de desenvolvimento e oferta de novas variedades para o mercado consumidor por meio de parcerias público-privadas.

Coleção de Germoplasma de Palmeiras

A produção de palmito baseada em cultivo de palmeiras é hoje uma realidade no estado de São Paulo. Em 2020, considerando-se área plantada, o estado representava em torno de 40% em relação ao total plantado no Brasil, sendo que a maior área destinada à colheita está localizada na região do Vale do Ribeira (IBGE, 2022, Produção Agrícola Municipal).

Diferentes espécies de palmeiras, com distintas características de cultivo, podem produzir palmito com sabor, cor e textura inerentes a cada uma delas. Ausência de princípios tóxicos, cor clara, sabor brando, maciez alta ou

moderada, formato cilíndrico e diâmetro médio, foram por muito tempo os principais atributos do palmito, determinando a preferência por uma espécie em relação à outra. Devido às características do palmito das espécies exploradas, principalmente da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) que sustentou o mercado no Brasil por mais de 20 anos, o consumo desse produto ficou atrelado à conserva (palmito industrializado). A introdução do cultivo da pupunheira (*Bactris gasipaes*), como palmeira produtora de palmito, abriu novas possibilidades de comercialização além do industrializado. A ausência de determinados compostos no palmito, característica inerente dessa espécie de palmeira, possibilitou novos nichos de mercado e diversificação na comercialização do produto (Figura 19). Além das características do palmito, a pupunheira e também a palmeira real australiana (*Archontophoenix* spp.) trouxeram a possibilidade de cultivo adensado e precocidade ao sistema de produção. Essas espécies de palmeiras podem produzir palmito a partir de 18 meses do plantio das mudas, contrastando com o tempo de 4 a 8 anos para produção de palmito da palmeira açai (*Euterpe oleracea*) ou da juçara.

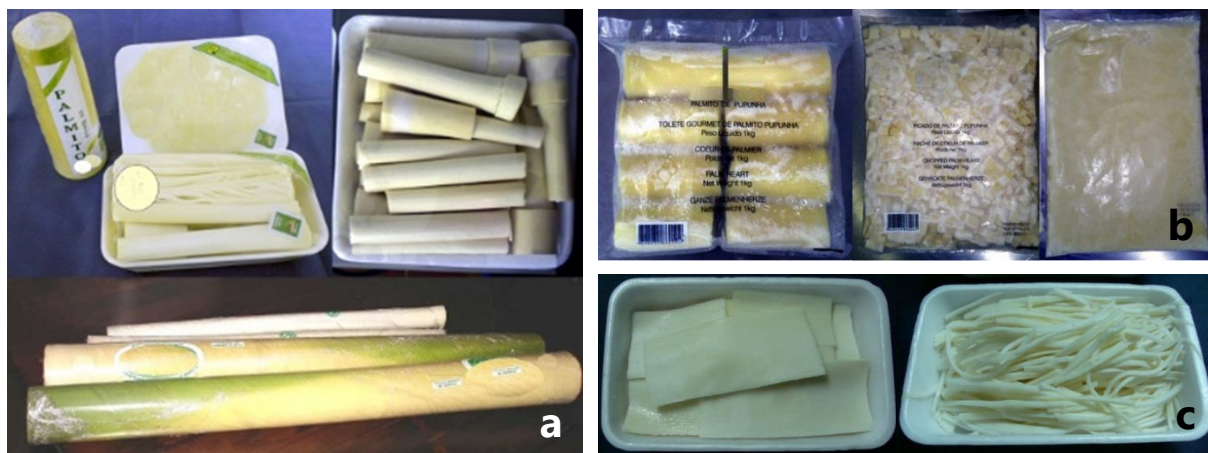


Figura 19. Novos nichos de mercado de palmito e diversificação na comercialização do produto: Palmito pupunha em capas e minimamente processado em corte tipo toletes e tipo *carpaccio* (a); Toletes, cubos e creme de palmito congelado (b); Cortes de palmito pupunha tipo lasanha e tipo espaguete comercializados in natura (c). Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura/IAC possui uma coleção de palmeiras que conta com mais de 400 espécies, nativas e exóticas, com potencial para uso ornamental ou de produção de palmito. Considerando-se as características das espécies disponíveis no mercado, como possibilidade de cultivo adensado e precocidade de produção, há potencial para introdução de outras espécies de palmeiras como produtoras de palmito, desde que estudos sobre o potencial agrônomo, industrial, bem como de propriedades organolépticas do

produto in natura e processado sejam avaliados. Essa é uma das diretrizes de pesquisa do Centro de Horticultura na área de produção de palmito.

As espécies do gênero *Roystonea* estão disseminadas por todo mundo, pois apresentam porte elegante e grande efeito paisagístico, além de palmito comestível. Duas espécies do gênero tornaram-se especialmente disseminadas por toda a faixa tropical do mundo: palmeira real (ou palmeira imperial-de-cuba) e palmeira imperial (Figura 20).



Figura 20. Palmeira real ou palmeira imperial-de-cuba (*Roystonea regia*) (a) e palmeira imperial (*Roystonea oleracea*) (b). Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.

O projeto 'Potencial de quatro espécies do gênero *Roystonea* para a produção precoce de palmito', financiado pela FAPESP, foi desenvolvido sob a coordenação do IAC e envolveu uma equipe multidisciplinar com pesquisadores do IAC, do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) e da APTA Regional, todos vinculados à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. O experimento foi instalado na APTA Regional de Pariquera-Açu - SP, em fevereiro de 2020 e foram realizadas avaliações biométricas a cada três meses (Figura 21), a partir de março/2020. Quanto à precocidade, os resultados apontaram que todas as quatro espécies do gênero *Roystonea* apresentaram crescimento rápido e possibilidade de colheita com dois anos (Figura 22). O destaque em termos de crescimento foi para a espécie *R. altissima* (Figura 23), que nas primeiras avaliações teve o menor desempenho e após 24 meses, não apenas se recuperou,

mas superou as demais em altura e em produção de palmito. Com esses dados, estima-se que o palmito dessa espécie poderia ser colhido antes dos 24 meses. Quanto às características do palmito, as quatro espécies apresentam propriedades para a comercialização dos toletes in natura (Figura 24). Quanto ao potencial de industrialização (Figura 25), palmito das quatro espécies do gênero *Roystonea*, processado em conservas acidificadas e pasteurizadas possuem curvas de acidificação e características sensoriais semelhantes às do palmito de outras espécies, já processado industrialmente no estado de São Paulo e em diversas regiões do Brasil.

Matrizes selecionadas da espécie *R. altissima* foram deixadas para a produção de sementes e, após o registro no RENASEM e obtenção de volume adequado de sementes será disponibilizada uma nova opção de cultivo para produção de palmito.



Figura 21. Biometria das palmeiras em dezembro/2020, dez meses de plantio, com palmeiras apresentando folhas pinadas. Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.



Figura 22. Colheita em janeiro/2022 para avaliações do produto palmito in natura e para processamento. Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.



Figura 23. Vista do experimento em dezembro/2021 (a), 22 meses após o plantio, hastes de *R. altíssima* colhidas (b) e descascadas (c) para a obtenção do palmito. Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.

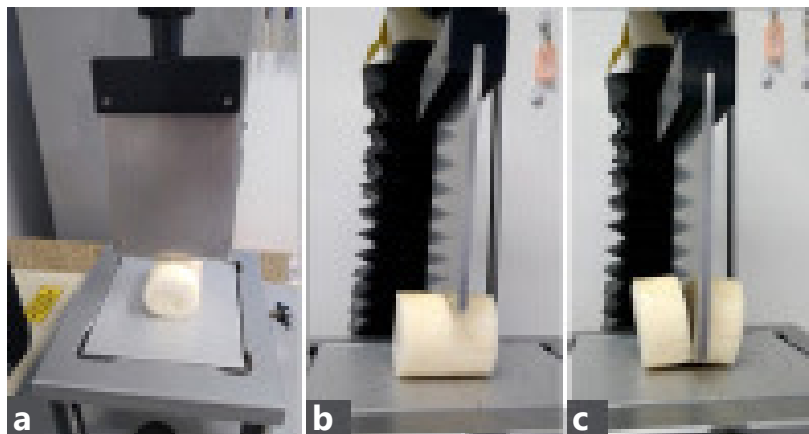


Figura 24. Análise de firmeza de toletes in natura de *Roystonea* sp. com texturômetro TAXT-2i: início da análise, visão frontal (a); início da análise, visão de perfil (b); fim da análise, visão de perfil (c). Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Silvia Valentini.



Figura 25. Toletes de palmito de espécies do gênero *Roystonea* processados em conserva acondicionados em vidro (a) e em embalagem flexível (b). Campinas, IAC, junho/2024. Foto: Valéria A. Modolo.

Coleção de Germoplasma de Cacau

Com o intuito de estudar problemas referentes à cultura do cacau no estado de São Paulo, iniciou-se a coleção de cacau do IAC em 1948, com a introdução de mudas de cacau provenientes da Estação Experimental de Cacau em Uruçuca, no estado da Bahia.

Na obtenção de plantas matrizes para propagação vegetativa e realização de cruzamentos foi implantada a coleção de cacau em Ubatuba, constituída por cacaueiros 'Comum', 'Pará', 'Maranhão' e 'Crioulo Trinitário' (híbrido) e *Theobroma bicolor*. Ao longo dos anos a coleção de germoplasma de cacaueiro recebeu novas introduções

oriundas de outras Instituições, por meio de mudas enraizadas.

A coleção de germoplasma de cacauero do IAC, estabelecida atualmente na unidade da APTA Regional de Pariquera-Açu teve início em janeiro de 1958, com introduções de variedades de cacau 'SCA 12' e 'Almeida', sendo enriquecida com outras variedades ao longo dos anos. Uma outra coleção foi implantada em Pindorama, para estudar a adaptabilidade das variedades em solos e clima daquela região no Planalto Paulista, bem como, de estabelecer experimentos de adubação.

Atualmente, com as novas parcerias estabelecidas pelo IAC com a CEPLAC, CATI e outras Instituições, a coleção de germoplasma de cacauero vem sendo enriquecida com novas variedades de

cacau, visando retomar o programa de melhoramento genético de cacau no IAC. Essa ação vem ganhando força para pesquisar novas variedades e obter material genético para novos cruzamentos e estudos de adaptabilidade com as variedades em regiões tradicionais de produção de cacau e explorar novas localidades com potencial na produção. Haja vista o potencial socioeconômico da cultura e a grande demanda de mercado, principalmente de chocolates no mundo.

A coleção de cacau do IAC encontra-se distribuída em três localidades (Ubatuba, Pariquera-Açu e Pindorama), unidades estas pertencentes à APTA Regional, com o total de 85 variedades, totalizando 2.689 acessos (Figura 26).



Figura 26. Acessos de cacaueros da coleção do IAC, na unidade da APTA Regional de Pariquera-Açu-SP. Foto: Charleston Gonçalves, 2024.

Coleção de Germoplasma de Urucum

O Brasil é o maior produtor mundial de urucum e o estado de São Paulo, o maior produtor nacional. O plantio de urucum é uma atividade agrícola exercida, em sua maioria, por pequenos produtores e gera emprego no período de colheita em regiões onde não se têm muitas opções de trabalho para a população local, tornando-se uma atividade econômica importante para as regiões produtoras na geração de emprego e renda.

A coleção de germoplasma de urucum foi iniciada na década de 1980 pelos pesquisadores da antiga Seção de Plantas Tropicais do IAC, Odair Alves Bovi, Victor Paulo de Oliveira e Marco Boaventura. Posteriormente deram continuidade ao trabalho na Seção de Plantas Aromáticas e Medicinais os pesquisadores Odair Alves Bovi, Fernando Romariz Duarte, Nilson Borlina Maia, Maria Beatriz Perecin Calheiros e Antonio Lúcio Mello Martins na Estação Experimental de Pindorama - SP, atualmente APTA Regional e pelo Dr. André Luiz Lourenção, da Seção de Fitossanidade/IAC.

Desse trabalho inicial originou a variedade Peruana Paulista, que produzia 2,5% de bixina, o corante natural do urucum, sendo muito cultivada na época.

Atualmente o trabalho de pesquisa e melhoramento genético do urucum no IAC é conduzido pela Dra. Eliane Gomes Fabri, pesquisadora e também Diretora do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de

Horticultura/IAC. Os estudos químicos, como por exemplo, o teor de corante (bixina) e outros compostos químicos, como geranilgerniol e tocotrienol, foram realizados em parceria com os pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Dr. Paulo Roberto Nogueira Carvalho e Dra. Marta Gomes da Silva. Para o avanço do programa de melhoramento era imprescindível os estudos genéticos e moleculares realizados em parceria com a Dra. Elizabeth Ann Veasey, do Departamento de Genética da ESALQ/USP, onde resultou em uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado (ambas desenvolvidas por Gabriel Dequigiovani) e grande ganho para o programa de melhoramento do urucum.

Atualmente a coleção de germoplasma de urucum é composta por 378 genótipos, com materiais provenientes da região Amazônica (Pará e Rondônia), municípios dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, dentre outros, e do Peru. A coleção de germoplasma de urucum do IAC encontra-se na unidade da APTA Regional de Pindorama - SP a aproximadamente 300 km de Campinas - SP, com a colaboração valiosa dos pesquisadores Dr. Antonio Lúcio Mello Martins, Dra. Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo e Dr. Everton Luis Finoto, como grandes parceiros em diversos estudos sustentáveis já realizados (Figura 27).

Por meio dessas parcerias o programa de melhoramento genético de urucum do IAC tem selecionado materiais com altos teores de bixina, assim como, com alto teor de lipídios (onde encontram-se as substâncias geranilgeraniol e tocotrienol). A busca

é por planta de baixo porte, alta produtividade e com altos teores de bixina, ideal acima de 6%, que tenha resistência à doença, neste caso o oídio, uma das principais doenças da cultura do urucum.

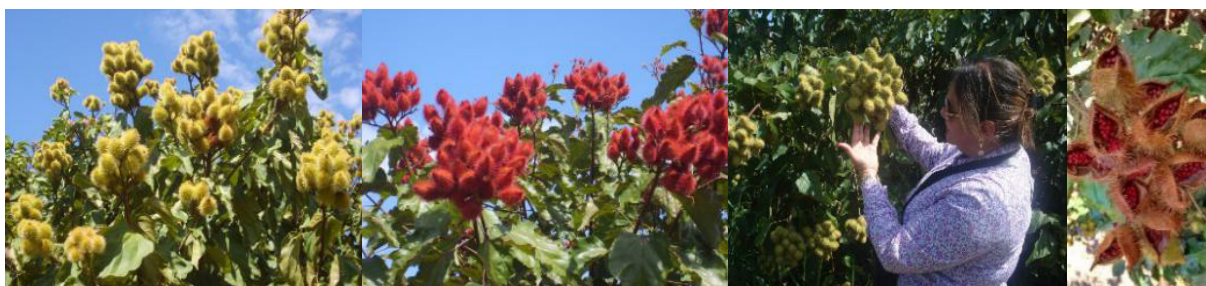


Figura 27. Diversidade de plantas da coleção de germoplasma de urucum do IAC. Foto: Eliane Gomes Fabri, 2015.

Coleção de Germoplasma de Cebola

A cebola, *Allium cepa* L., pertence à família Alliaceae, sendo considerada uma das mais antigas hortaliças domesticadas pelo homem, cerca de cinco mil anos. É originária de regiões de clima temperado que compreendem o Afeganistão, o Irã e partes do sul da antiga União Soviética, e, provavelmente, não existe mais em estado silvestre (Goldman *et al.*, 2000).

O início do cultivo de cebola no Brasil ocorreu com a chegada de imigrantes açorianos que colonizaram a região de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, durante o século XVIII e início do século XIX (França; Candeia, 1997; Melo *et al.*, 1998). Das cebolas introduzidas da

Europa, desenvolveram-se, por seleção natural e pela ação de agricultores de Rio Grande e região, diversas populações que são agrupadas em dois tipos, de acordo com a cultivar de origem: 'Baia Periforme', que engloba as populações derivadas de uma cebola portuguesa conhecida como 'Garrafal' e o tipo 'Pêra Norte', possivelmente derivadas de genótipos egípcios introduzidos na Ilha dos Açores e posteriormente trazidos para o Brasil. Um terceiro tipo, possivelmente resultante do cruzamento entre populações do tipo 'Baia Periforme' e 'Pêra Norte' e denominado 'Crioula' surgiu na região do Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina (Costa, 1997).

Essas três populações básicas de cebola, com grande variabilidade para ciclo de maturação, potencial produtivo, características de bulbo, pungência, conservação pós-colheita e resistência a doenças, garantiram a sustentabilidade do cultivo da cebola no sul do Brasil. Além disso, proporcionaram a formação de uma coleção de germoplasma de inestimável valor para o melhoramento da cultura no país, sendo que todos os programas de melhoramento de cebola no Brasil, tanto os conduzidos pelo setor público quanto os da iniciativa privada, se valeram e ainda se valem desse precioso conjunto gênico (Melo; Boiteux, 2001).

O programa de melhoramento de cebola do IAC teve início em 1937, quando ocorreram as primeiras introduções. Nessa época, os objetivos da pesquisa visavam indicar ao cebolicultor paulista, a curto e médio prazo, variedades de cebola adaptadas às condições edafoclimáticas do estado, bem como realizar a produção de sementes e a seleção e obtenção de germoplasma superior (Lisbão, 1993).

Além das pesquisas varietais, pode-se destacar como realização da antiga Seção de Olericultura e Floricultura a introdução, em 1956, da variedade Baia Bojuda I-2448, procedente de São Gabriel (RS) e que mais tarde daria origem a uma das primeiras variedades do programa de melhoramento paulista, a IAC Monte Alegre, resultante de trabalho de seleção massal.

A coleção de cebola do Instituto Agrônomo (IAC) conta atualmente com oito acessos, sendo essencialmente compostos por linhagens e cultivares IAC.

Principais características de algumas das variedades IAC

IAC Monte Alegre: Seleção feita a partir da 'Baia Bojuda I-2448', procedente do município de São Gabriel (RS). Apresenta bulbos de coloração externa amarela, bojudos, firmes, pescoço firme, com bom "estalo", película firme, boa uniformidade, boa produtividade e média resistência ao armazenamento, em condições normais de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 28b).

IAC Roxa de Traviú: Seleção feita a partir de bulbos procedentes do bairro Traviú, município de Jundiá, estado de São Paulo. Apresenta bulbos arroxeados, achatados, ciclo tardio, bom "estalo", boa produtividade média e ótima resistência ao armazenamento em condição ambiente. Possui boa tolerância à mancha púrpura (*Alternaria porri*), todavia, é susceptível ao florescimento prematuro quando semeado em locais de inverno mais rigoroso (Figura 28a).

IAC Aram: A partir da hibridação realizada entre as progênies 'Baia Superprecoce' e 'Pirauouro' em 1982, foram realizados vários ciclos de seleção recorrente recíproca, dando-se ênfase para adaptação às condições de fotoperíodo dos meses de janeiro a maio, produtividade e qualidade

de bulbos. Nesse período do ano, a oferta de cebola no mercado nacional é menor e, conseqüentemente, os preços melhores, o que favorece a importação de outros países, sobretudo da Argentina. Além da adaptação às condições de fotoperíodo e temperatura no verão, essa variedade apresenta elevada resistência à mancha púrpura (*Alternaria porri*), e moderada resistência à raiz rosada (Figura 28c).

Regeneração/multiplicação dos acessos: Os acessos com uma porcentagem de germinação inferior a 70% são multiplicados em condições de campo (Figura 29). Considerando-se que a cebola é uma planta bianual, são necessários dois anos para produzir sementes. No primeiro ano são desenvolvidos ensaios em área experimental do Núcleo Regional de Pesquisa de Mococa/IAC, adotando-se o sistema de transplante de mudas e seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições.

No segundo ano, após período de vernalização, o controle da polinização é feito por meio da produção de sementes no interior de gaiolas de tela antiafídeos, à prova de insetos. Como agentes polinizadores são introduzidas moscas domésticas (*Musca domestica* L.) na forma de pupas.

Considerada uma das mais importantes culturas hortícolas do país, historicamente, a cebola é cultivada por pequenos e médios produtores e com uso ainda massivo de mão de obra, gerando renda e muitos empregos nas diferentes regiões do país. A manutenção e conservação da base genética de cebola no Brasil é de suma importância para o desenvolvimento de novas cultivares, mais adaptadas a condições agroclimáticas regionais, que atendam à produção mais sustentável e à manutenção do pequeno e médio cebolicultor na atividade.



Figura 28. Bulbos de variedades IAC: IAC Roxa de Traviú (a); IAC Monte Alegre (b); IAC Aram (c); Mistura de variedades de cebola IAC (d).



Figura 29. Campo de produção de sementes de cebola.

Referências

AMUSA, N. A. Fungi associated with anthracnose symptoms of yam (*Dioscorea* spp.) in South-west Nigeria and their roles in disease severity. **Crop Research (Hisar)**, v. 13, n. 1, p. 177-183, 1997.

COSTA, C. P. da. Germoplasma de cebola brasileiro e seu uso no melhoramento. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE CEBOLA, IX, 1997, **Resumos...** Pelotas: Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. 1997. p. 2.

FRANÇA, J. G. E. de; CANDEIA, J. A. Development of short-day yellow onion for tropical environments of the Brazilian northeast. **Acta Horticulturae**, v. 433, p. 285-287, 1997.

GOLDMAN, I. L.; HAVEY, M. J.; SCHROECK, G. History of public onion breeding programs and pedigree of public onion germplasm releases in the United States. **Plant Breeding Reviews**, v. 20, p. 67-103, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. a. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2022.

LISBÃO, R. S. Cebola. *In*: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (eds.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. 524 p.

MELO, P. C. T.; RIBEIRO, A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. Sistemas de produção, cultivares de cebola e o seu desenvolvimento para as condições brasileiras. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE CEBOLA, 1998. **Anais...** Piedade: ANACE. 1998. p. 27-61.

MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S. Análise retrospectiva do melhoramento genético de cebola (*Allium cepa* L.) no Brasil e potencial aplicação de novas estratégias biotecnológicas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2001. **Anais...** Goiânia: ABH, 2001. (CD ROM).



RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS: O VALIOSO PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE

Daniela de Argollo Marques*, Carlos Augusto Colombo, Cássia Regina Limonta Carvalho, Jorge Maurício Costa Mondego, Juliana Rolim Salomé Teramoto, Luciana Lasry Benchimol, Márcia Ortiz Marques, Neiva Isabel Pierozzi e Rose Marry Araújo Gondim Tomaz

[*daniela.marques@sp.gov.br](mailto:daniela.marques@sp.gov.br)

Introdução

Os recursos genéticos vegetais (RGV) ou germoplasma constituem grande parte da base biológica da segurança alimentar mundial apoiando, direta ou indiretamente, a manutenção da vida na Terra e os meios de subsistência dos seres humanos. São, portanto, um patrimônio para a humanidade de valor incalculável e sua perda pela própria ação humana é um processo irreversível, com consequências gravíssimas que afetarão a nossa existência no planeta. A erosão genética ou perda de diversidade genética vegetal implica em diminuição da produção agrícola e aumento da suscetibilidade das plantas a pragas e doenças, tornando o abastecimento alimentar vulnerável e insustentável para suprir a falta de alimento no mundo. Portanto, assim como tudo o que é valioso, esse patrimônio vital deve ser bem guardado em bancos/coleções para ser usado de forma consciente e sustentável em prol da atual e próximas gerações.

Ampla reservatório de genótipos e genes, um banco/coleção de germoplasma deve conter variabilidade genética necessária para a condução de programas de melhoramento genético (PMG), visando ao aumento da produtividade e da qualidade na agricultura para prevenção da fome e pobreza das nações. O primeiro passo de todo bem-sucedido PMG é, portanto, o estabelecimento, o constante enriquecimento com novas introduções de acessos e a manutenção de coleções e/ou bancos de germoplasma de várias

espécies. O segundo passo é organizar e conhecer a base genética dessa coleção por meio de caracterizações morfológicas, agronômicas, químicas e moleculares. Somente depois, com a “mina de ouro” em mãos, é possível “minerá-la” aplicando métodos convencionais e biotecnológicos para gerar novos alimentos, bebidas, fibras, medicamentos e fontes de energia à sociedade.

A preservação do patrimônio genético é o pilar fundamental que sustenta as pesquisas científicas e tecnológicas do Instituto Agrônomo (IAC), de Campinas para a geração de novos produtos e/ou cultivares melhorados e mais adaptados às condições climáticas vigentes. Por meio do seu Centro que leva justamente o nome de Recursos Genéticos Vegetais (CRGV), o IAC já efetuou mais de 70 mil introduções de material vegetal de diversas espécies, nativo ou exótico, desde a década de 1930. A constante ampliação, caracterização, preservação e exploração sustentável desse patrimônio de espécies, variedades e cultivares tem destacado o pioneirismo do IAC, que hoje é considerado como “o berço” do melhoramento genético contemporâneo de plantas no Brasil e reconhecido internacionalmente, já tendo disponibilizado à população mais de 1.200 cultivares com registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

Carro-chefe das nossas pesquisas, o IAC conduz, atualmente, o melhoramento genético de espécies

das principais cadeias de produção do agronegócio (amendoim, café, cana, citros, feijão, frutas, macaúba, nozes e castanhas, milho, sorgo, olerícolas, aromáticas, cacau, raízes e tubérculos, seringueira, entre outras, com integração de (bio)tecnologias de ponta, visando a disponibilização contínua e progressiva de novas cultivares para suprir as demandas crescentes da sociedade moderna frente às mudanças climáticas. A atual programação institucional de pesquisa foi reorganizada em temática transversal, *“Bioenergia e Segurança Alimentar: desafios da produção agrícola sustentável e mudanças climáticas”*, com integração de competências e construção de redes de pesquisa para viabilizar o necessário aumento sustentável da produção agrícola. Esforços têm sido intensificados nos cuidados com as coleções de germoplasma do IAC para garantir o desenvolvimento das cadeias produtivas em foco e também a conservação da nossa biodiversidade (APTA, 2018, 2024).

O Brasil possui uma das maiores biodiversidades do planeta, contando com cerca de 20% das espécies de seres vivos conhecidos pela humanidade. Se considerarmos as espécies não identificadas em território nacional, essa porcentagem aumentará dezenas de milhões de vezes. Com esse potencial incomparável de biodiversidade, aliado a incentivos econômicos e pressão política global para a sua preservação, abre-se a oportunidade do país se

tornar o maior exportador de créditos de carbono e de biodiversidade ou títulos representativos de florestas nativas em pé do planeta. Assim, o Brasil poderá conciliar as suas duas grandes vocações (produção agrícola e conservação biológica), sendo simultaneamente o “celeiro do mundo” e o seu “jardim botânico”.

No entanto, a concretização desse futuro promissor irá depender do investimento contínuo em estratégias de gestão, uso e conservação de germoplasma, atividades que vêm sendo realizadas com excelência pelas diversas instituições de pesquisa federais, estaduais e municipais, públicas e privadas, além de comunidades tradicionais, populações indígenas e agricultores familiares, com destaque ao IAC, o mais antigo Instituto de pesquisa agrícola do país, que envida esforços há 137 anos para gerar novas variedades de plantas a partir dos seus valiosos bancos de germoplasma.

Conservação de bancos de germoplasma de espécies vegetais

Desde a década de 1960, quando o mundo despertou para a importância vital dos RGV para a segurança alimentar global, a FAO, juntamente com a comunidade científica, criou Institutos e vem realizando Convenções, visando ao desenvolvimento e transferência de tecnologias e de recursos educacionais para garantir a conservação da biodiversidade no mundo. Apontam-se

duas estratégias para isso: a conservação de germoplasma **in situ** e **ex situ**. A **in situ** refere-se a: 1) **conservação em reservas** com manejo e monitoramento de populações silvestres, bem como do ecossistema e habitat natural (áreas definidas para conservação ativa a longo prazo) e 2) **conservação on farm**, quando envolve o cultivo e manejo contínuo de populações de espécies (domesticadas) no sistema tradicional sendo realizado, geralmente, por comunidades locais e povos indígenas em roças, quintais e sistemas agroflorestais (mesmo ambiente onde as espécies desenvolveram suas características adaptativas). Considera-se a conservação **in situ** como estratégia complementar a **ex situ**, uma vez que a primeira permite a conservação dos processos evolutivos e de adaptação das espécies, mantendo alta diversidade intra e interespecífica e grande variabilidade genética, condições ideais para o fornecimento de novos materiais genéticos.

Já a **ex situ** é a conservação fora do habitat natural das espécies, as quais são mantidas em condições artificiais distintas, dependendo da característica de cada uma, por iniciativa e sob supervisão humana.

Uma das primeiras ações do homem no sentido de estudar e preservar o conhecimento acerca da biodiversidade vegetal foi colecionar espécies de plantas desidratadas em Herbários. Quando são colecionadas apenas as sementes das espécies, a coleção é chamada de Sementeca ou Sementoteca.

Quando coleciona-se somente os frutos, denomina-se Carpoteca e a coleção de cascas e caule, Xiloteca. Apesar da enorme relevância dessas coleções para a diferenciação e classificação das diferentes espécies, identificação das novas e estudos de suas características morfológicas, tais coleções não guardam necessariamente materiais com sistemas reprodutíveis viáveis. Assim, se o objetivo for preservar para uso futuro, os materiais vegetais devem ser guardados de forma a manter sua capacidade regenerativa e/ou reprodutiva para cultivo da planta toda. Nesse caso, os RGV são mantidos em Coleções e/ou Bancos Ativos de Germoplasma (BAG) por um dos seguintes métodos de conservação: 1) bancos de sementes em câmara fria; 2) plântulas in vitro, 3) criopreservação ou 4) plantas in vivo (em campo). A escolha dos métodos vai depender do tipo de semente da espécie a ser conservada: se ortodoxa ou recalcitrante. Se ortodoxa, a semente pode ser armazenada por longos períodos sob condições de baixa temperatura (-20 °C) e umidade (5% a 7% de água) sem perder sua viabilidade e capacidade de germinação. Se perde sua viabilidade nestas condições, a semente é recalcitrante.

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), 90% dos seis milhões de acessos conservados **ex situ** no mundo são de espécies com sementes ortodoxas (trigo, arroz, milho, melancia, ervilha, feijão, dentre outras) e são mantidos em

bancos de sementes em câmaras frias com umidade controlada. As vantagens desse tipo de conservação são o armazenamento de muito material, por muito tempo (mais de dez anos) em pouco espaço físico. A desvantagem é a consequente segregação na progênie e não manutenção de determinados genótipos. Assim, mesmo com sementes ortodoxas, algumas espécies não são conservadas em bancos de sementes, como é o caso da cana-de-açúcar. Nesse caso, em que os genótipos são preferencialmente mantidos como clones, bem como nos casos em que a espécie não produz sementes ou produz sementes recalcitrantes ou são espécies perenes, de ciclo de vida muito longo, os RGV podem ser mantidos em campo, in vitro ou criopreservados.

A manutenção em campo envolve a coleta ou intercâmbio do material genético, o plantio, manejo, caracterizações, monitoramento e a gestão é realizada por curadores pertencentes a Instituições de pesquisa. Alguns pontos podem contribuir para o insucesso de uma coleção in vivo como: roubos de materiais genéticos, ocorrência de incêndio criminoso, perdas por problemas bióticos (ataque de animais, pragas, doenças), perdas por problemas abióticos (condições climáticas adversas como muita chuva, seca intensa). Portanto, formas diferentes e complementares de manutenção dos bancos de germoplasma são interessantes, para evitar a perda do material genético por alguma eventualidade.

A criopreservação, conservação de material biológico em nitrogênio líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) - (ou em sua fase de vapor a $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$), é uma opção para a conservação de espécies de propagação clonal, ou que produzem sementes recalcitrantes ou intermediárias. As estruturas vegetativas e reprodutivas mais utilizadas para conservação em criogenia são: sementes, meristemas, ápices caulinares, gemas dormentes (gemas axilares), pólen, embriões somáticos e zigóticos. Embora eficiente, a grande dificuldade de utilização desse método de conservação de germoplasma é a necessidade prévia de estabelecer metodologia exclusiva para cada espécie para depois dimensionar criotânques para manutenção de uma determinada quantidade de acessos.

Já a conservação in vitro emprega técnicas de cultura de tecidos para a conservação de espécies cujas sementes são sensíveis à dessecação e ao congelamento (sementes recalcitrantes), para aquelas de propagação vegetativa e para as que não produzem sementes. São cultivados in vitro meristemas e ápices, adotando-se protocolos de crescimento lento, seja pela utilização de reguladores de crescimento ou diminuição da concentração de nutrientes no meio de cultura (Meio Mínimo), da intensidade luminosa e da temperatura de conservação. Igualmente à criopreservação, há necessidade prévia de desenvolvimento de protocolos específicos para cada genótipo, além de amplo conhecimento, equipe treinada

e infraestrutura adequada. O CRGV do IAC, um dos pioneiros da aplicação da cultura de tecidos no Brasil, tem vasta experiência nessa biotecnologia tendo desenvolvido protocolos de micropropagação para inúmeras espécies. Possui um amplo e funcional laboratório recentemente reformado, com três salas de crescimento e quatro BOD com timer regulador de temperatura e fotoperíodo. Esse laboratório, no entanto, foi planejado para atender, prioritariamente, a grande demanda de pesquisa do Instituto, não tendo capacidade infraestrutural e de recursos humanos para conservar germoplasma.

Coleções de germoplasma do IAC sob gestão do Centro de Recursos Genéticos Vegetais

O IAC vem mantendo dezenas de coleções de germoplasma de plantas, inclusive de arbóreas nativas e exóticas ameaçadas de extinção, além de coleções biológicas de microrganismos, que fundamentam os programas de melhoramento institucionais. São trinta coleções e um herbário, que incluem diversas espécies vegetais e sete coleções e um herbário de microrganismos, todas sob gestão de pesquisadores do IAC (APTA, 2018, 2024). Algumas dessas coleções são reconhecidas mundialmente, como é o caso da coleção de café, cana e citros, consideradas umas das mais importantes do mundo.

O Herbário do IAC foi criado em 1935, aproximadamente 50 anos após a fundação do centenário Instituto. Trata-se de um rico acervo de amostras vegetais prensadas e desidratadas (excicatas), acompanhadas por documentação científica (inclusive para denominação e registro internacional de cultivares) e estudos taxonômicos, morfológicos e genéticos. A caracterização agromorfológica realizada no Herbário visa dar sustentação às pesquisas de novas espécies e/ou cultivares. Assim, amostras herborizadas de várias plantas alimentícias convencionais (café, milho, arroz, feijão, amendoim) e não convencionais (PANC), bem como espécies nativas, incluindo as parentes silvestres das cultivadas, foram base para a caracterização e registro de cultivares IAC, como é o caso do maracujá de casca amarela e o de casca roxa; cultivares biofortificadas de batata-doce, a soja "Beany flavor", sem as isoenzimas lipoxigenases, dentre outras.

A difusão e ampliação de cultivo de espécies PANCs têm se apoiado nos valores nutritivos das próprias espécies e na manutenção e exploração dos seus recursos e das suas variabilidades genéticas (Baldermann *et al.*, 2016). Desse modo, tendo em vista a comprovada importância alimentícia ou o potencial uso industrial do gênero *Dioscorea*, o Instituto Agrônomo, com apoio da FAPESP, vem explorando as potencialidades da coleção de germoplasma de inhames e barbasco

(*Dioscorea* spp), bem como tem contribuído para o aumento das suas diversidades, por meio de geração de modelagem de distribuição do gênero no país, pela realização de coletas e incorporação de novos acessos e espécies ao germoplasma da Instituição. Atualmente, na coleção existem acessos das espécies

D. alata, *D. bulbifera*, *D. composita*, *D. spiculiflora* e *D. floribunda*. O CRGV do IAC contribui com o projeto, em andamento, com caracterizações fitoquímicas dos acessos (amido e amilose, para fins alimentar e industrial - Figura 1; diosgenina, de uso médico-industrial - Figura 2).



Figura 1. Genótipos de inhame com tubérculos subterrâneos da coleção de germoplasma do IAC, previamente lavados e cortados em cubos de 1 cm³ para análises químicas (a). Amidos extraídos dos genótipos de inhame comestíveis para avaliação do teor de amilose (b).



Figura 2. Barbascos da coleção de germoplasma do IAC.

A Sementeca do IAC (Figura 3) reúne amostras de sementes das diferentes espécies e acessos das plantas introduzidas por meio da unidade de Introdução e Quarentena de Plantas do Instituto, desde 1930. Funciona como uma verdadeira Biblioteca de Sementes de diversas espécies de interesse agrônomo ou ecológico. A coleção contém, atualmente, cerca de 70 mil diferentes amostras armazenadas em boxes

de madeiras e frascos fechados que guardam raridades genéticas, algumas ainda contendo embriões viáveis capazes de germinar. Ademais são reservatórios de genes de grande importância ligados a características de interesse ao melhoramento de plantas, colaborando para a “construção” presente e futura de novas cultivares mais produtivas, nutritivas, resistentes a pragas e doenças e mais adaptadas às condições ambientais vigentes.



Figura 3. Sementeca do IAC desde 1930.

Nas coleções mantidas em campo do IAC temos as espécies de ciclo de vida longo (café, citros, seringueira, macaúba, pinhão-manso, dentre outras); culturas que são propagadas vegetativamente (ex.: mandioca, cebola, alho); culturas com sementes recalcitrantes (ex.: abacate, seringueira, pupunha, macadâmia), intermediárias/subortodoxas (ex.: macaúba) e/ou com alto teor de óleo, que podem sofrer peroxidação lipídica e, consequente, ação de radicais livres afetando o seu armazenamento e conservação, como é o caso da cebola. Quando a coleção e/ou BAG são mantidos em campo, alguns pontos podem contribuir para seu insucesso, como: roubos de materiais genéticos, ocorrência de incêndio criminoso, perdas por problemas bióticos (ataque de animais, pragas, doenças), perdas por problemas abióticos (condições climáticas adversas como muita chuva, seca intensa). Formas diferentes e complementares de manutenção dos bancos de germoplasma são interessantes, para evitar a perda

do material genético por alguma eventualidade.

O CRGV do IAC é curador das coleções de germoplasma de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) e de macaúba (*Acrocomia aculeata*), duas oleaginosas promissoras para produção de bioenergia. Ambas as coleções foram plantadas nos campos experimentais da Fazenda "Santa Elisa" do IAC, em Campinas (SP) e, parte da coleção de pinhão-manso é também mantida em campo experimental da Unidade Regional de Pesquisa de Mococa (SP). A caracterização morfológica e química do germoplasma das oleaginosas colaboraram para a seleção de genótipos elite produtivos e com alto teor e qualidade de óleo nas suas sementes. Caracterizações moleculares usando marcadores ISSR e SNIPs revelaram alta variabilidade genética nas duas coleções, adequada para a condução dos respectivos programas de melhoramento genético, ambos coordenados por pesquisadores do CRGV.



Figura 4. Coleção de germoplasma de pinhão manso (a) e de macaúba (b).

Recentemente foi estabelecida no IAC uma estrutura para conservação de sementes que reúne câmara de secagem e câmara fria (-20 °C), que juntas permitem realizar parte do processamento e armazenamento de sementes ortodoxas por longo período, proporcionando a preservação das suas qualidades fisiológica, física e sanitária. A manutenção e gestão

desse banco de sementes (Figura 5) é realizada pelo CRGV do IAC, com o monitoramento para o rastreio dos materiais adicionados (lotes de sementes), sua viabilidade ao longo do tempo, a condição de secagem e armazenamento, bem como a época de substituição. Exemplos de sementes ortodoxas em conservação são: milho, arroz, feijão, trigo, amendoim.



Figura 5. Câmara fria do banco de sementes do IAC sob gestão do Centro de Recursos Genéticos Vegetais (CRGV).

Caracterização e uso das coleções de germoplasma do IAC

Tão importante quanto conservar a biodiversidade é conhecê-la e explorá-la de forma sustentável para suprir as demandas da crescente população frente às mudanças constantes do nosso planeta. O IAC tem a matéria-prima (coleções de inúmeras espécies) e vasta experiência na condução de programas de melhoramento genético, com constante lançamento de novas cultivares para o ávido setor agrícola. O seu CRGV possui equipe multidisciplinar que atua em áreas estratégicas para o alcance do sucesso desse processo, desde o estabelecimento e conservação das coleções, a caracterização morfológica (botânica e taxonômica), fitoquímica e molecular dos acessos até a condução de programas de melhoramento genético com a aplicação de estratégias convencionais e biotecnológicas e lançamento de novas cultivares, como por exemplo: o abacaxi IAC Gomo de mel e IAC Fantástico e novas cultivares de *Lippia alba*, planta aromática de grande valor no mercado de cosmético e medicinal. Os PMG de pinhão-manso e macaúba conduzidos pelos pesquisadores do CRGV têm avançado a passos largos para o lançamento de cultivares mais produtivas e com maiores teores e qualidade de óleo para serem transformados em biodiesel e bioquerosene. Com amplas e bem caracterizadas coleções, equipes treinadas e aplicação de métodos

e biotecnologias, os dois PMG têm avançado nas gerações de híbridos intra e interespecíficos e selecionado genótipos superiores promissores.

Parcerias do CRGV com outros Centros do IAC têm sido eficazes na caracterização e estratégias de uso de diversos bancos de germoplasma. É o caso da parceria de longa data com o Centro de Grãos e Fibras para avaliar a coleção do feijão comum. Estudos têm sido realizados por meio de um painel de diversidade com 180 genótipos, analisando-se a murcha de Fusarium e nematoide de galhas para ver a interação destas doenças no painel, visando o mapeamento associativo dos loci de resistência (*Genome-wide association studies*, GWAS) e a seleção de genótipos com dupla resistência.

A obtenção de uma população IAC Milênio (carioca, resistente à murcha de Fusarium) x A211 (preto, suscetível à murcha de Fusarium) foi realizada por meio de cruzamentos controlados. A população F_2 foi genotipada com SNPs (*Single Nucleotide Polymorphisms*) do Beadchip de 12 k (Illumina) e a população $F_{2,3}$ está sendo fenotipada para resistência à murcha de Fusarium com um isolado para mapeamento de ligação dos locos de resistência à Fusariose, visando a obtenção dos genes candidatos para empreender-se genotipagem de alta eficiência com a tecnologia Kasp® (*Kompetitive Allele Specific PCR*) em genótipos comerciais do programa de melhoramento do feijoeiro.

Uma forma inusitada de manutenção de germoplasma é a avaliação da microbiota a esse germoplasma associado. Os microrganismos cumprem papel fundamental na homeostase vegetal. Um dos ambientes mais estudados sobre essa perspectiva é o ambiente vegetal, o qual guarda grande diversidade seja nos solos, raízes, folhas, flores, frutos e sementes. Assim, as relações entre as plantas e seu(s) microbioma(s) despertam interesse tanto do ponto de vista da ecologia quanto do ponto de vista prático da agricultura.

Há muito se sabe que essa microbiota pode afetar diretamente a saúde das plantas, promovendo o crescimento, suprimindo patógenos e reduzindo os efeitos deletérios da salinidade, estresse hídrico e xenobióticos. Na busca por aproveitar esse fenômeno para beneficiar a agricultura, grande esforço tem sido despendido para entender como as microbiotas afetam a saúde dos hospedeiros e como manipulá-las a fim de se ter um maior vigor das plantas. Essa relação pode ser tão íntima, a ponto de as plantas dependerem de microrganismos para sua sobrevivência. Desse modo, a catalogação e entendimento da fisiologia microbiana e de suas interações com os vegetais também colaboram com o enriquecimento dos recursos genéticos. Os microbiomas de várias culturas alimentares já foram estudados como arroz, milho, soja, videiras, citros, trigo, cana e mais recentemente, o café.

Com relação à cafeicultura o CRGV, em colaboração com os Centros de Café "Alcides Carvalho" e de Solos e Pesquisas de Fertilizantes do IAC tem contribuído para a elucidação dos recursos microbianos dos cafeeiros. Dentre os principais resultados estão a avaliação do microbioma adjacente de raízes (rizosfera) de cinco espécies do gênero *Coffea* (De Sousa *et al.*, 2022), a descoberta que há uma modificação no perfil da microbiota associada ao cafeeiro, dependendo da idade de plantio (De Sousa *et al.*, 2023) e que o transplante da microbiota foliar de plantas resistentes à ferrugem para plantas suscetíveis a essa doença foi eficaz na diminuição dos sintomas causados pelo fungo (De Sousa; Mondego, 2024).

As ameaças constantes derivadas de fitopatógenos também servem de alerta para a conservação dos recursos genéticos. Com o avanço das mudanças climáticas, as condições de clima e tempo vêm se tornando cada vez mais imprevisíveis, o que também se reflete no comportamento dos microrganismos patogênicos. Teme-se que essas alterações possam gerar isolados mais agressivos, ou que sejam capazes de burlar a defesa vegetal com mais facilidade exatamente pelo maior estresse abiótico sofrido pelo hospedeiro. Um dos patógenos mais generalistas, podendo causar doenças em dezenas de espécies de potencial agrícola, é o oomiceto *Phytophthora parasitica*. Esse protozoário com aparência de fungo é capaz de infectar

tomate, citros, abacaxi, alho, berinjela, cebola, etc. Os pesquisadores do CRGV, em colaboração com o Centro de Citricultura "Sylvio Moreira" e o Instituto Biológico, vêm estudando um grupo de proteínas com grande potencial patogênico conhecidas como SCP/TAPS. Dentre as descobertas estão a relação dessas proteínas com o estilo de vida, a síntese de esterol e os hospedeiros de *P. parasitica*. Espera-se que o entendimento dos mecanismos de patogenicidade das SCP/TAPS possa gerar formas de combate a *P. parasitica*, o que beneficiaria uma grande quantidade de espécies vegetais presentes em nossos recursos genéticos.

Folhas de mandioca e batata-doce

Em pleno século XXI mais de 25% da população mundial é deficiente de ferro. A ingestão alimentar de ferro é insuficiente para grande parte da população mundial, tornando uma das doenças carenciais mais prevalente em todo o mundo. A deficiência nutricional de ferro prejudica o desenvolvimento intelectual, o desenvolvimento cognitivo, o desenvolvimento físico e prejudica as funções imunobiológicas, aumentando o risco de infecções no indivíduo. Crianças, adolescentes, mulheres e idosos são os mais afetados. O mineral ferro proveniente da dieta alimentar pode estar na forma de ferro heme (encontrado em alimentos de origem animal, como carne vermelha, frango, etc.) que é

absorvido diretamente pela mucosa intestinal em até 30% e na forma de ferro não heme, que se encontra nos alimentos de origem vegetal (frutas, legumes, grãos, verduras) e corresponde a uma taxa de absorção de até 10% e é influenciado por fatores antinutricionais como (fenóis, taninos, ácido fítico, outros minerais). Visando atender alguns ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável) como: 1- erradicar a pobreza; 2- acabar com a fome; 3- vida saudável e 12- produção e consumo sustentável, é que a equipe da Fitoquímica do CRGV/IAC criou uma tecnologia/processo que possibilita o uso de folhas, subproduto do cultivo, de culturas estratégicas (que toleram solos pobres e condições climáticas adversas) como mandioca e batata-doce, para a produção de farinha de folhas de mandioca e farinha de folhas de batata-doce biofortificadas em ferro (Teramoto *et al.*, 2024). A quantidade obtida de ferro nessas farinhas variou de 40 a 50 vezes, com uma bioacessibilidade de aproximadamente 20%, com a diminuição do teor de fatores antinutricionais, e não apresentando toxicidade para consumo humano. Aumento nos teores de proteína, bioacessibilidade de zinco e molibdênio também foram encontrados nas farinhas de folhas biofortificadas. Materiais da coleção de germoplasma do IAC, dessas duas culturas, foram caracterizados, testados e aplicados em matrizes alimentares de baixo valor nutricional como bolacha cracker, biscoito de polvilho, bolacha

doce e também em proteína animal (Figura 6). Os tops 5 mercados de produção da mandioca são: Nigéria, República Democrática do Congo,

Tailândia, Gana e Brasil e na produção de batata-doce são: China, Malawi, Tanzânia, Nigéria e Angola.



Figura 6. Aplicação de tecnologia em matrizes alimentares (carne e ovos de codorna, biscoitos e polvilho), desenvolvida com farinhas de folhas biofortificadas em ferro de materiais da coleção de germoplasma de mandioca e batata-doce do IAC.

Cafés Especiais

O Brasil é o maior exportador mundial de café e o segundo maior consumidor da bebida. A qualidade da bebida está diretamente relacionada com a composição química dos grãos e é resultante de fatores de produção que estão ligados a aspectos da composição química dos grãos de café crus como sabor, amargor, corpo

e acidez. Diversos fatores podem interferir na qualidade do café, especialmente aqueles relacionados à constituição genética das plantas, de ambiente e as etapas pós-colheita e processamento. A análise de compostos químicos desses grãos, que está em andamento pela equipe da Fitoquímica do CRGV, poderá contribuir como uma importante ferramenta para a identificação de materiais

promissores para constituírem novos clones de cafeeiro arábica, adaptados aos ambientes específicos de avaliação para a produção de cafés especiais e diferenciados (Silva *et al.*, 2024). Tendo em vista identificar plantas com qualidade superior para a produção de cafés especiais diferenciados, o conhecimento da composição química dos grãos e a sua relação com a qualidade da bebida pode auxiliar tanto na identificação de genótipos

promissores quanto na orientação de processos de produção de café que visam otimizar a exploração da interação genótipo x ambiente para a obtenção de cafés com qualidade diferenciada. A partir dos trabalhos fitoquímicos com materiais das coleções de germoplasma de café IAC, novas perspectivas poderão se delinear no que tange ao sistema de produção, regiões edafoclimáticas e cultivares de café IAC (Figura 7).

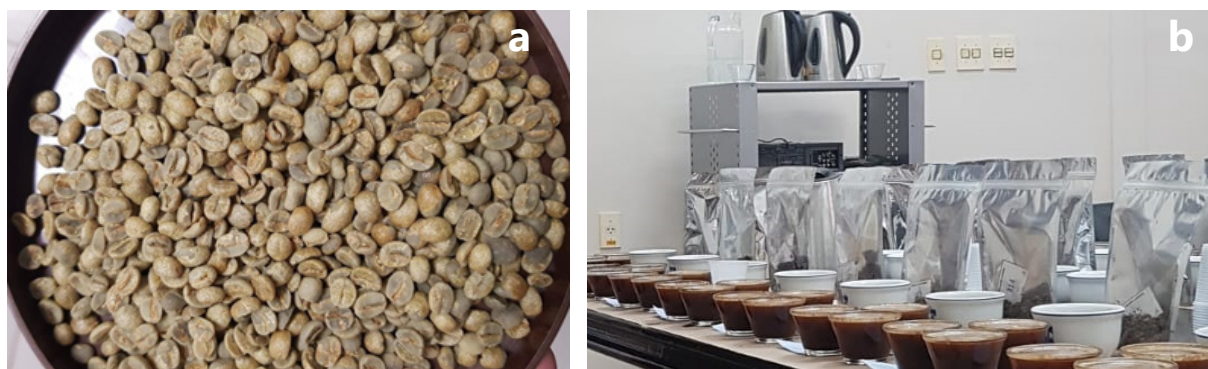


Figura 7. Estudos fitoquímicos com grãos de cafés crus (a) e prova de xícara de cultivares de café pertencentes à coleção de germoplasma IAC (b).

Arroz Colorido

O arroz preto é um material que atinge nichos de mercado e é utilizado em pratos mais sofisticados para ressaltar seu sabor mais suave e amendoado. Apresentando valores nutricionais diferenciados do arroz

tradicional, materiais da coleção de germoplasma do IAC estão sendo estudados pela equipe da Fitoquímica quanto aos seus teores de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante visando caracterizá-los (Figura 8).



Figura 8. Exemplos de arroz da coleção de germoplasma do IAC e suas respectivas farinhas.

Conclusão

O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais conta com equipe multidisciplinar e qualificada nas áreas de química, fitotecnia, genética e biotecnologia e vem contribuindo na manutenção, conservação, caracterização e exploração dos bancos de germoplasma de espécies alimentícias, medicinais e da biodiversidade. Garantir o conhecimento para defender, cuidar e multiplicar são direcionadores das pesquisas aplicadas com os bancos de germoplasma, contemplando aspectos inovativos e de mercado, contribuindo com produções agrícolas sustentáveis para o Agro Paulista, Brasileiro e Mundial. O CRGV proporciona um futuro melhor para o planeta.

Referências:

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS - APTA. Portaria IAC nº 28, de 23 de outubro de 2018. Artigo 1º - Alterar a Portaria IAC 14, de 15-12-2015, que dispõe sobre as curadorias e respectivos curadores do Instituto Agrônomo, da APTA. As Curadorias referem-se às coleções de germoplasma no âmbito do Instituto Agrônomo - IAC da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, ano 128, n. 200, p. 31, 24 out. 2018. Disponível em: <https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/GatewayCertificaPDF.aspx?notarizacaoID=c5f0d9ce-4fba-4698-af4f-ed293af1aa35>.

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS - APTA. Portaria IAC nº 1, de 5 de fevereiro de 2024. Dispõe sobre as curadorias e respectivos curadores no âmbito do Instituto Agrônomo (IAC), da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: seção 1: Caderno Executivo, São Paulo, ano 134, n. 25, p. 29, 6 fev. 2024. Disponível em: <https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/GatewayCertificaPDF.aspx?notarizacaoID=05831ace-6da7-4faa-86e6-9e15ed8c67ad>.

BALDERMANN, S.; ALDERMANN, S.; BLAGOJEVIC, L.; FREDE, K.; KLOPSCH, R.; NEUGART, S.; NEUMANN, A.; NGWENE, B.; NORKEWEIT, J.; SCHROTER, D.; SCHROTER, A.; SCHWEIGERT, F. J.; WIESNER, M.; SCHREINER, M. Are Neglected Plants the Food for the Future? **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, p. 106-119, 2016.

DE SOUSA, L. P.; GUERREIRO-FILHO, O.; MONDEGO, J. M. C. The Rhizosphere Microbiomes of Five Species of Coffee Trees. **Microbiol Spectr**, v. 10, n. 2, e0044422, 2022. DOI: 10.1128/spectrum.00444-22.

DE SOUSA, L. P.; FILHO, O. G.; MONDEGO, J. M. C. Age-Related Rhizosphere Analysis of *Coffea arabica* Plants. **Curr Microbiol.**, v. 80, n. 4, p. 130, 2023. DOI: 10.1007/s00284-023-03236-w.

DE SOUSA, L. P.; MONDEGO, J. M. C. Leaf surface microbiota transplantation confers resistance to coffee leaf rust in susceptible *Coffea arabica*. **FEMS Microbiol. Ecol.**, v.100, n. 6, fiae049, 2024. DOI: 10.1093/femsec/fiae049.

SILVA, M. M. P.; TARONE, A. G.; GIOMO, G. S.; FERRAREZZO, E. M.; GUERREIRO FILHO, O.; TERAMOTO, J. R. S. Predicting best planting location and coffee cup quality from chemical parameters: An evaluation of raw Arabica coffee beans from São Paulo over two harvests. **Food Research International**, v. 195, p. 114911, 2024. DOI: 10.1016/j.foodres.2024.114911.

TERAMOTO, J. R. S.; FELTRAN, J. C.; MUTUNDA, M. P. Valorization Cassava Leaves. In: Ogwu, M. C.; Izah, S. C., Alves, A. A. C.; Babu, S. C. (eds.) **Sustainable Cassava: Strategies from Production through Waste Management**, 1. ed. Inglaterra: Elsevier, 2024. Chapter 13. p. 239-253. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21747-0.00004-7>.



GERMOPLASMA IAC DE SERINGUEIRA: ESTRATÉGIA DE USO, CONSERVAÇÃO E PROSPECÇÃO PARA INOVAÇÃO NA AGRICULTURA

Lígia Regina Lima Gouvêa*, Erivaldo José Scaloppi Junior, Rogério Soares de Freitas, Wander Luis Barbosa Borges, Antonio Lúcio Mello Martins, Everton Luis Finoto, Elaine Cristine Piffer Gonçalves, Luis Alberto Saes, Erval Rafael Damatto Junior, Roberto Botelho Ferraz Branco, Paulo Boller Gallo, Sebastião de Lima Júnior, Paulo de Souza Gonçalves

*ligia.gouvea@sp.gov.br

Borracha natural para a humanidade e o IAC no contexto da segurança do abastecimento

A borracha natural é tão essencial para a vida moderna, que em 2020 foi listada pela União Europeia como único produto biótico dentre 27 matérias-primas essenciais para aquele continente, compostos em maioria por metais raros existentes na Terra. A lista do Velho Mundo foi atualizada em 2023, incluindo mais alguns itens bióticos citando-se madeiras, principalmente, como prioridade para abastecimento humano. Claramente tem-se muito bem definido a borracha natural e também a madeira como produtos estratégicos para o desenvolvimento das nações. Como fruto de décadas de atuação, hoje o programa de melhoramento de seringueira do Instituto Agrônomo (IAC) dispõe de produtos tecnológicos de dupla aptidão, ou seja, para produção de borracha natural e madeira. Modernos clones de seringueira da Série IAC 400 e Série IAC 500 possuem inúmeros destaques em termos de produtividade, vigor, resistência às doenças e dupla finalidade de matéria-prima. Quesitos esses amplamente superiores em relação aos tradicionais clones outrora utilizados no estado de São Paulo. Para se chegar a essa evolução (e revolução), em clones, a seringueira no IAC tem sido, há tempo, objeto de experimentação. Como consequência, atualmente, São Paulo tem os seringais mais produtivos do mundo graças ao protagonismo do IAC. Historicamente, desde meados

do século XX, o IAC endossou a seringueira como cultivo potencial para as denominadas “áreas de escape”, em estudo colaborativo de pesquisadores das antigas Seção de Plantas Tropicais e Seção de Climatologia Agrícola do IAC. Simultaneamente, o IAC introduziu clones superiores do continente asiático, principalmente, o que permitiu a liderança da produção paulista e a posterior expansão da cultura para o Brasil.

Com o avanço do programa de melhoramento, o IAC tem desenvolvido vários clones que têm sido solução tecnológica para o setor produtivo e referência nacional. A ativa transferência de tecnologia institucional tem permitido o acesso aos produtos tecnológicos IAC pelo setor heveícola, que experimenta, na atualidade, mudança de paradigma em produtividade e qualidade. Clones elites e material propagativo IAC certificado são determinantes para o sucesso do negócio. Nesse cenário próspero, a perenização da pesquisa e difusão de tecnologia no IAC permitirá a constante evolução em produtos e processos, que contribuirá para a sustentabilidade da heveicultura paulista e nacional.

Para entender o protagonismo do IAC e toda a base genética de seringueira existente hoje na Instituição, fatos históricos ajudam a tecer os acontecimentos que se sucederam ao longo dos últimos dois séculos, que se constituíram como oportunidade para a instituição consolidar a cultura no estado e expandi-la para áreas climaticamente aptas do Brasil.

Seringueira, história e fatos

A seringueira já era conhecida pelos índios sul-americanos que extraíam da árvore do “caucho” nativo a seiva branca em que confeccionavam utensílios e bolas para entretenimento. O primeiro relato sobre o uso de tal seiva foi pelo naturalista francês Charles Marie de La Condamine à Academia de Ciências da França em 1774. O homem branco vislumbrou as características plásticas e elásticas do material e iniciou a confecção de diversos materiais, como calçados e capas de chuvas. Porém, somente após o processo de vulcanização descoberto por Charles Goodyear em 1839, que os utensílios feitos de borracha se consolidaram, pois, deixaram de ser pegajosos no verão e rígidos no inverno. A partir dessa descoberta, as possibilidades de utilização da borracha natural alavancaram significativamente no período pós-Revolução Industrial, principalmente com o surgimento do que seria o pneu em 1845 pelo inglês Robert Thompson e, efetivamente, pela criação do primeiro pneu para bicicletas em 1888 por John Dunlop.

Nas mãos do alemão Karl Benz em 1886, o mundo vivenciou o nascimento do automóvel moderno e, a partir de então, cada vez mais borracha natural seria necessária para abastecer a indústria pneumática, responsável pelo consumo superior a 70% dessa matéria-prima biótica. A grande demanda pelos produtos de borracha iniciada pelo Velho Mundo provocou o surgimento de um importante ciclo

econômico e social na região Norte do Brasil, denominado de “Ciclo da Borracha”, que perdurou de 1879 a 1912 e foi responsável por intensas transformações, principalmente no circuito Manaus-Belém (Wikipédia, 2024).

Enquanto a borracha natural aflorava das entranhas amazônicas, ocorre outro fato histórico fundamental para o entendimento da pesquisa global com a nossa seringueira. Em 1876 o inglês Henry Wickham contrabandeou sementes de seringueira de Santarém (PA), que foram enviadas ao Jardim Botânico Real em Londres. Depois de germinadas, foram encaminhadas para o Sri Lanka (antigo Ceilão) e, posteriormente, para Índia e países do Sudeste Asiático. Esse foi um clássico caso mundial de biopirataria e o autor da obra, inglês afamado, conhecido como “pai da biopirataria”, relatado no “Ladrão no Fim do Mundo”.

O início do estabelecimento da seringueira na Ásia ocorreu com sucesso, pois as plantas estavam ausentes do pior patógeno conhecido, o fungo causador do mal-das-folhas, denominado *Microcyclus ulei*, atualmente *Pseudocercospora ulei*. E, em um ritmo alucinado, o cenário se alterava, com vastas áreas de secular floresta equatorial dando lugar à seringueira nas colônias britânicas asiáticas. Tão intensamente foram instaladas as *plantations* que no início do século XX acreditava-se que as novas seringueiras asiáticas podiam suprir grande parte da demanda

mundial por borracha, selando de vez o negócio na Hileia Amazônica Brasileira e mingando a riqueza da burguesia, os 'barões da borracha'.

A chegada da seringueira no continente asiático foi acompanhada pela seleção de plantas superiores e desenvolvimento dos primeiros clones no mundo. O processo da enxertia, descoberto em 1918 para a seringueira, favoreceu a multiplicação assexuada (clonagem) e obtenção das primeiras variedades melhoradas. E o cultivo da seringueira naquela parte do mundo avança, até hoje, livre da doença mal-das-folhas. Sorte, pois este fungo foi protagonista de desastres econômicos no norte do Brasil, conforme a seguir.

Henry Ford obcecado em seu negócio automobilístico, inicia em 1927 uma odisseia na Amazônia, com o objetivo de autossuprir sua necessidade por borracha para a fabricação de pneus. O famoso projeto denominado Fordlândia, nas margens do Tapajós, perdurou até 1945, vencido pelo fungo mal-das-folhas, que devastou as seringueiras nos milhares de hectares implantados. O projeto foi reiniciado em Belterra, localidade próxima, também, fatalmente, dilacerado pelo fungo endêmico em toda a região Norte, origem também da seringueira, espécie *Hevea brasiliensis*.

A seringueira em seu habitat natural, Amazônia, ocorre em baixa densidade, ou seja, são duas ou três árvores em um hectare de floresta, e, nessa configuração, convive em harmonia

com infinitos seres da flora e fauna. Por isso, na condição original de equilíbrio do meio ambiente, o fungo mal-das-folhas e a seringueira coexistem. Quando, nesse mesmo ambiente a diversidade é retirada e tem-se a situação de monocultivo da seringueira, o *Pseudocercospora ulei* expressa patogenicidade e pode provocar morte das árvores. Isso ocorreu com Fordlândia e Belterra. Nesses locais, o Instituto Agrônomo do Norte - IAN, então recém-criado, iniciou ações de pesquisa na década de 1940, com a finalidade de selecionar aquelas árvores remanescentes tolerantes ao fungo e estudar o controle de surtos epidêmicos, na tentativa de ressurgir com a 'seringa' na região Norte (IAN, 1962).

O IAC e a seringueira caminham juntos desde 1940

Em São Paulo, o Instituto Agrônomo (IAC), por meio da observação do satisfatório desenvolvimento de seringueiras existentes na região de Gavião Peixoto, realiza os primeiros plantios experimentais no estado, na década de 1940, em Campinas, Pindorama e Ribeirão Preto (Gonçalves, *et al.*, 2002a). Nessa época, a Seção de Plantas Tropicais e a Seção de Climatologia Agrícola do IAC somam esforços e culminam com importantíssimas ações precursoras que levaram ao atual protagonismo institucional e estadual. Duas dessas ações devem ser conhecidas.

Considerando-se o longo ciclo de melhoramento genético da cultura (até 30 anos para se obter uma nova variedade, ou clone), o IAC importa, a partir de 1952, clones de alta produção oriundos do continente asiático, principalmente. O Sudeste Asiático conheceu a seringueira desde o final do século XIX pelo feito de Wickham e, pioneiramente, desenvolveu as primeiras variedades no mundo.

O primeiro banco de germoplasma de seringueira do IAC constituído pela introdução de material da década de 1950 foi implantado na Fazenda Santa Elisa, hoje Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa" (CEC), em Campinas (Figura 1). Ainda na

década de 1950, o IAC indica as regiões climaticamente aptas à seringueira em São Paulo e Brasil, endossando cientificamente, a seringueira como nova opção de cultivo. Com essas ações do IAC, São Paulo inicia os primeiros plantios no estado com as melhores variedades da época, obtendo êxito na produção e prosperidade com a então nova opção de cultivo.

O próximo passo do IAC foi consolidar seu próprio programa de melhoramento genético, estruturado com o material genético de alta produção do exterior e material genético de tolerância a doenças no norte do Brasil.



Figura 1. Primeiro banco de germoplasma de seringueira do Instituto Agrônomo.

Germoplasma e o melhoramento genético no IAC

Como curiosidade, a sigla inicial dos clones que compõem o germoplasma

de seringueira correspondem ao local onde o material foi obtido, entre os quais, há clones: brasileiros (Fx = cruzamentos Ford, IAN = Instituto

Agrônomo do Norte, PM = Plantações Michelin, RO = coleta de Rondônia, AC = coleta do Acre, MT = coleta de Mato Grosso, IAC = Instituto Agrônomo); africanos (IRCA = *Institut de Recherches sur le Caoutchouc*); indonésios (AVROS = *Algemene Vereniging Rubber Planters Oostkust Sumatra*; GT = *Godang Tapen*, Pr = *Proefstation voor rubber*, Tjir = *Tjirandji*); Malaíes (Lun = *Lunderston*, PB = *Prang Besar*, Pil = *Pilmoor*, RRIM = *Rubber Research Institute of Malaysia*) e indianos (RRII = *Rubber Research Institute of India*).

O germoplasma atual do IAC é próximo a mil acessos de *Hevea brasiliensis*, um acesso de *Hevea benthamiana* e um acesso de *Hevea pauciflora*. Entre os acessos há híbridos interespecíficos, poliploides, genótipos selvagens, cultivares tradicionais, cultivares elite e genótipos para propósitos específicos.

O programa de melhoramento genético de seringueira do IAC iniciou com a avaliação dos primeiros clones introduzidos e, a partir de 1965, realizou os primeiros cruzamentos visando obter genótipos com novas recombinações. As pesquisas tiveram duas frentes de trabalho, uma voltada para o Litoral, visando selecionar clones produtivos e com tolerância às doenças e outra voltada para o Planalto, visando à produção de borracha. Esta última foi a frente que obteve sucesso. As atividades desenvolvidas pelo programa tiveram como cerne o melhoramento genético, mas sempre integradas com as outras áreas de

pesquisa do IAC, como as de fertilidade do solo, fitotecnia, fitossanidade e climatologia, dentre outras, que contribuíram para evolução do cultivo. Essa integração envolveu, também, pesquisadores das antigas Estações Experimentais que contribuíram nas avaliações de experimentos em diferentes regiões do estado.

Em 1988, o Instituto Agrônomo criou o Programa Seringueira com o objetivo de fortalecer as pesquisas. Com a criação do programa, as atividades passaram por uma reestruturação e adotou-se um novo ciclo de melhoramento genético e seleção que envolve seguidas etapas de avaliação e seleção.

Nesse novo ciclo, outros caracteres começaram a ser avaliados: precocidade, crescimento vigoroso antes e após o início da sangria, depressão mínima da produção no período de inverno, tolerância às doenças de folha e painel de sangria, formato de copa com vistas à resistência à quebra pelo vento, número de anéis de vasos laticíferos, casca virgem espessa, boa regeneração da casca após a sangria, qualidade da borracha, estabilidade de produção, dentre outros.

Em 2014, com a criação do Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga, a seringueira ganhou ainda mais notoriedade pelo fato de contar com um centro avançado de pesquisa direcionado a realizar trabalhos específicos com a cultura. O processo de melhoramento da seringueira apesar

de longo é dinâmico e envolve diversas parcerias intra e interinstitucionais com instituições de pesquisa público-privadas no desenvolvimento de linhas de pesquisas que complementam a avaliação e o desenvolvimento dos clones. Essencial a parceria pública para a geração de ciência e tecnologia. Primordial a parceria privada no fomento à experimentação e difusão de tecnologia.

Variabilidade genética e morfológica, cultivares desenvolvidas e caracterização

O germoplasma de seringueira do Instituto Agrônomo tem sido um valioso depósito de variabilidade genética, com o qual tem-se obtido e avaliado materiais com destaque para a produção de borracha (Gonçalves *et al.*, 2002b, 2007, 2011), precocidade (Gonçalves *et al.*, 2011), tolerância às doenças (Antonio *et al.*, 2021; Gonçalves *et al.*, 2000, 2001, 2002b), qualidade tecnológica de borracha (Gonçalves *et al.*, 2007, 2011) e copas adaptadas ao cultivo integrado (Borges *et al.*, 2022). A variabilidade genética existente no germoplasma IAC permitiu selecionar materiais com várias características superiores aliados à alta capacidade produtiva.

Há, atualmente, 31 cultivares IAC e seis cultivares introduzidas, registradas pelo Instituto Agrônomo, no Registro Nacional de Cultivares (RNC), do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) (Tabela 1). O IAC é a instituição com o maior número de cultivares de seringueira desenvolvidas no próprio programa de melhoramento genético e registradas no MAPA.

Tabela 1. Relação de cultivares registradas no MAPA pelo Instituto Agrônomo (IAC), com os respectivos números no RNC

Clone	RNC nº	Clone	RNC nº	Clone	RNC nº
IAC 15	20368	IAC 406	26349	IAC 506	30458
IAC 35	20369	IAC 407	26350	IAC 507	30457
IAC 40	25130	IAC 409	26351	IAC 511	30456
IAC 41	25131	IAC 410	26352	IAC 512	30455
IAC 300	20370	IAC 411	26353	IAC 56	25132
IAC 301	20371	IAC 412	26354	GT 1	20235
IAC 302	20372	IAC 417	26355	IAN 873	20240
IAC 400	26343	IAC 418	26356	PB 235	20238
IAC 401	26344	IAC 500	29447	PR 255	20239
IAC 402	26345	IAC 501	29446	PR 261	20236
IAC 403	26346	IAC 502	29445	RRIM 600	20237
IAC 404	26347	IAC 503	29448		
IAC 405	26348	IAC 505	29444		

Fonte: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

O Portfólio Tecnológico IAC com informações relevantes sobre os clones elites de seringueira é encontrado na Plataforma **IAC BLUEIN**, disponível em: <https://bluein.iac.sp.gov.br/portfolio-iac/cultivares/seringueira-2/> (Figura 2).




PORTFÓLIO IAC

PROJETOS EM PARCERIA

EVENTOS

EQUIPAMENTOS MULTIUSUÁRIOS

CONTATO



CULTIVARES

IAC – Instituto Agronômico



Café

Saiba Mais



Cana-de-açúcar

Saiba Mais



Frutas/citros

Saiba Mais



Grãos

Saiba Mais



Hortícolas

Saiba Mais



Seringueira

Saiba Mais



Plantas Ornamentais

Saiba Mais

Seringueira

 Clone IAC 502



DESTAQUES	• PRODUÇÃO 71% SUPERIOR AO CLONE RRIM 600 • EXCELENTE VIGOR EM PRÉ E PÓS SANGRIA • TOLERANTE À ANTRACNOSE
Produtividade (borracha seca)	2.680 kg/ha ano (média de 10 anos de sangria)
Abertura do painel	6 anos
Aptidão	Produção de borracha natural
Casca virgem	Esessa
Seca de painel	Tolerante
Tolerância a doenças	Antracnose: tolerância em folha e painel
Registros no MAPA	RNC: 29445 SNPC: - RENASEM: SP-00328/2018 (Planta Básica)

Figura 2. Plataforma IAC **BLUEIN**: portfólio tecnológico de seringueira.

A descrição de variedades de uma determinada espécie vegetal é muito importante para caracterização do germoplasma, estudos botânicos, no melhoramento genético para registro de variedades e na identificação a campo.

Para caracterização da diversidade genética de acessos do banco de germoplasma do IAC foram utilizados descritores quantitativos (Sant'Anna *et al.*, 2021a; Gouvêa *et al.*, 2010) e marcadores moleculares (Souza, *et al.*, 2015; Gouvêa *et al.*, 2010). A caracterização morfológica da seringueira baseada em descritores de folhas, folíolos e pecíolos recomendada pela *Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales* (UPOV) para *Hevea* spp., também, foi aplicada sobre cultivares IAC (Sant'Anna *et al.*, 2021b), resultando em um manual que permite a identificação de clones das séries 400 e 500 já em fase juvenil (Sant'Anna *et al.*, 2022).

O "Manual de identificação de clones de Seringueira IAC séries 400 e 500" ricamente ilustrado (Figura 3), apresenta a descrição morfológica de clones de seringueira IAC das séries 400 e 500 baseada em 22 descritores UPOV. A publicação é composta por quatro capítulos com o intuito de esclarecer os descritores foliares

mais importantes para a cultura da seringueira, bem como apresentar a diversidade e individualidade dos principais clones IAC.

Importante destacar que os materiais genéticos de seringueira IAC das séries 400 e 500 apresentam excelente performance produtiva, vigor, resistência às doenças e vêm sendo amplamente adotados pelo setor produtivo, como efetiva transferência de tecnologia realizada pela instituição. Financiada com recursos FAPESP, a publicação é parte do Pós-Doutoramento de Isabela de Castro Sant'Anna, processo FAPESP 18/26408-0, título: "Diversidade genética e caracterização descritores de seringueira", vigência 01/03/2019 a 28/02/2022, Pesquisador responsável Dr. Paulo de Souza Gonçalves, vinculado ao auxílio AP PDIP 17/50338-9 "Do básico ao aplicado: modernização da infraestrutura institucional para o fomento à pesquisa e à inovação do agronegócio". A publicação em acesso aberto permite uso, distribuição e reprodução desde que o trabalho original seja corretamente citado.

O "Manual de identificação de clones de Seringueira IAC séries 400 e 500" está disponível pelo QR Code:



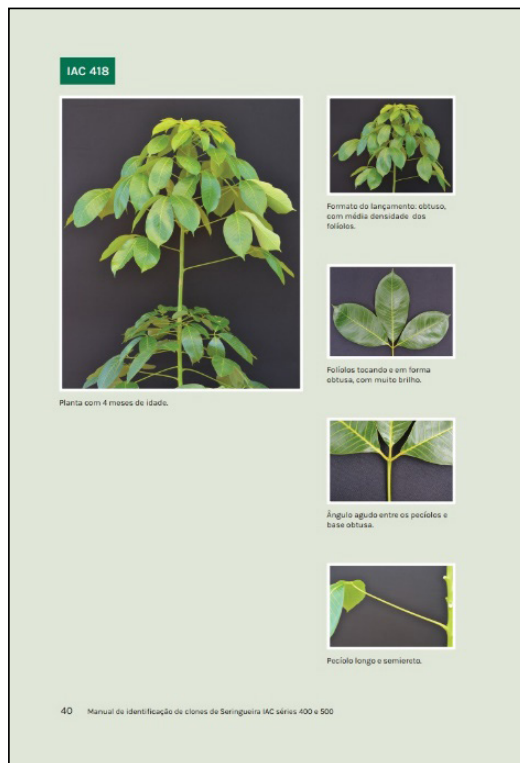
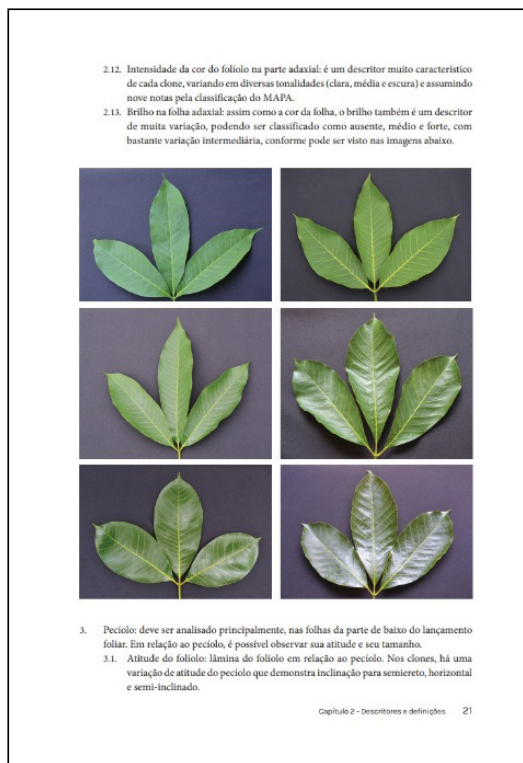
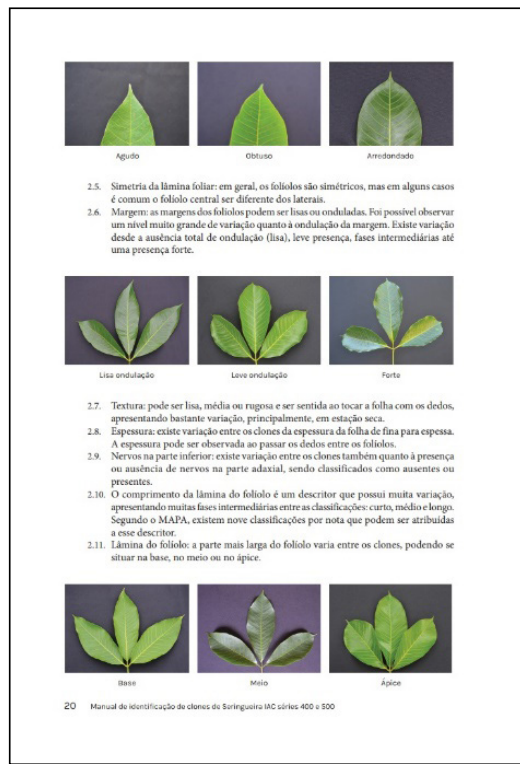
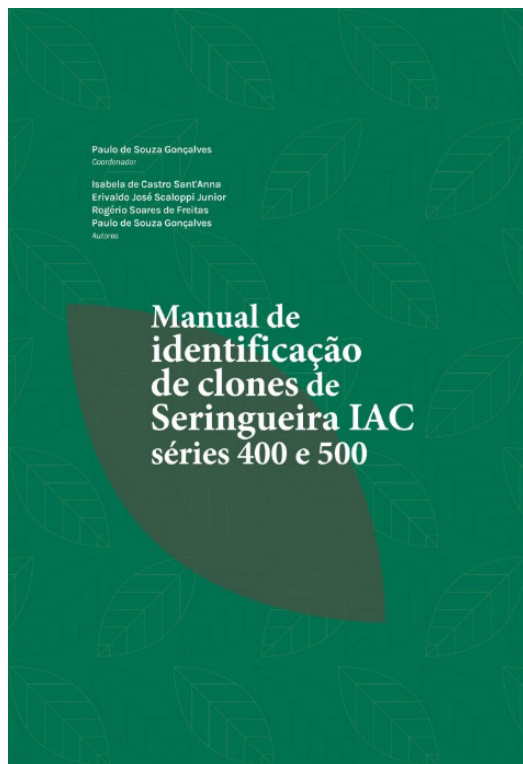


Figura 3. Manual de identificação de clones de Seringueira IAC séries 400 e 500.

Formas de conservação

A conservação do germoplasma que compõe o acervo genético do IAC é feita *ex situ*, em campo. Essa forma de conservação é utilizada devido à dificuldade de propagação *in vitro* e também devido à natureza recalcitrante da semente de seringueira, que perde o poder germinativo poucas semanas após a coleta. As coleções em campo são mantidas, principalmente, no Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais em Votuporanga, e também nas unidades da APTA/IAC em Pindorama, Mococa e Pariqueira-Açu, no Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa" (CEC) do IAC, em Campinas, e na Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Ilha Solteira. Essas coleções de campo ficam expostas às intempéries e às pragas e doenças. A conservação a campo é laboriosa e cara, exigindo constantemente mão de obra e recursos.

O germoplasma do IAC é um riquíssimo patrimônio genético, resultado de introduções e da geração de variabilidade genética por meio de recombinações. O material de interesse tem sido preservado com esforço pelo IAC para manutenção da variabilidade genética para os atuais caracteres de interesse e para os novos que possam surgir.

Ativa transferência de tecnologia IAC em clones à cadeia produtiva

O IAC gerencia a manutenção de precioso germoplasma, produz pesquisa e desenvolve variedades, atua como mantenedor de clones junto ao MAPA/RNC e realiza ativa transferência de clones elites como material propagativo certificado junto à cadeia produtiva para aumento de produtividade e sustentabilidade da cultura.

O Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, em Votuporanga (SP), conta com uma Unidade Laboratorial de Referência que promove a diversidade da produção agrícola, atua na gestão do patrimônio genético de seringueira por meio da manutenção e multiplicação de clones e atua na gestão da transferência de produtos tecnológicos de seringueira. Em parceria com o setor privado, o IAC atua na implantação de vitrines tecnológicas com clones avançados em propriedades de referência gerencial, sendo ferramenta estratégica na divulgação de novos produtos tecnológicos.

Visão estratégica para prospecção de uso e inovação na agricultura, com vista à sustentabilidade

O cultivo da seringueira apresenta várias vantagens relacionadas à sustentabilidade, uma vez que permite que a indústria consuma matéria-prima de fonte renovável. É uma espécie arbórea de crescimento rápido,

apresentando grande capacidade de sequestro de carbono, transformando-o em látex, madeira, etc., contribuindo assim para a redução do excesso de dióxido de carbono que causa as alterações climáticas. É uma excelente cobertura para o solo. As plantas, também, influenciam na distribuição da água da chuva, devido ao sistema de amortização e direcionamento da água ao solo, facilitando a percolação. Sementes de seringueira estão sendo utilizadas para produção de biodiesel. O cultivo pode ser realizado em áreas degradadas ou inadequadas para culturas anuais. Além de ser viável em monocultivo, a seringueira pode ser utilizada em sistemas integrados. Nesses sistemas integrados, os cultivos proporcionam maior retorno financeiro e melhor distribuição de renda durante o ano. Quando o seringal deixa de ser explorado comercialmente, a madeira pode ser utilizada para fins energéticos (lenha), embora a madeira apresente potencial para usos mais nobres. Alguns genótipos de seringueira do IAC foram avaliados e as fibras da madeira têm potencial para produção de papel e celulose (Amorim *et al.*, 2021). Em países do Sudeste Asiático, a madeira já é utilizada na indústria moveleira. A seringueira é, portanto, uma cultura nobre, que conserva o solo, melhora o meio ambiente, gera empregos no meio rural e riquezas, contribui para fixar o homem no campo, permanece viva por longo tempo, produzindo e gerando renda ao final do ciclo produtivo.

Com o atual cenário de mudanças climáticas, a produção de borracha enfrenta desafios. Locais isentos de determinadas pragas e doenças poderão apresentar risco de ocorrência (Angelotti *et al.*, 2021). Isso é bastante preocupante para os cultivos comerciais de seringueira, que muitas vezes se baseiam em cultivo monoclonal, tornando-os potencialmente vulneráveis ao ataque de pragas e doenças de forma epidêmica. Assim, a conscientização constante para que o produtor utilize a diversificação de clones indicada pelo IAC nos plantios e a obtenção de novas cultivares podem contribuir para reduzir essa vulnerabilidade.

A obtenção de clones adaptados a estresses ambientais é uma alternativa para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Avaliações de clones de seringueira tolerantes às situações climáticas desfavoráveis já foram iniciados (Gouvêa *et al.*, 2024; Mantello *et al.*, 2019). Vários novos genótipos já foram identificados para avanço na seleção e futura disponibilização à cadeia produtiva no enfrentamento às adversidades.

O IAC segue na vanguarda da pesquisa na obtenção de novos clones de seringueira adaptados às mudanças ambientais e na ruptura da barreira produtiva, visando atratividade e expansão do negócio para maior geração de bens e divisas. É o IAC fazendo ciência há 137 anos em prol da sociedade.

Referências

- AMORIM, E. P.; MENUCELLI, J. R.; GERMANO, A. D.; FARIA, R. F. P.; BARBOSA, J. A.; PÁDUA, F. A.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. A.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; GONÇALVES, P. S.; LONGUI, E. L. Technological potential of fibers from 20 *Hevea brasiliensis* clones for use as pulp, paper, and composite materials. **Research, Society and Development**, v. 10, p. e549101019102. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19102>.
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; GHINI, R. Impactos das mudanças climáticas globais sobre problemas fitossanitários. In: SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; MARZALL, K.; SILVA, W. G. (eds.). **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros**. Brasília: MAPA, 2021. p. 60-61.
- ANTONIO, G. L.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FISCHER, I. H.; FURTADO, E. L.; FIRMINO, A. C. Clonal resistance of rubber tree to *Colletotrichum* spp. **Forest Pathology**, v. 51, n. 3, e12685. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12685>.
- BORGES, A. V.; MIQUELETTI, F.; STUCCHI NETO, F.; SIMÃO, L. F.; PEREIRA, R. D. L. **Cacau no Estado de São Paulo: implantação e manejo em diferentes modelos de cultivo**. Campinas: CATI, 96 p., 2022. (Documento Técnico, 129). Disponível em https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/DT129CacauSPONLINE14_12_2022_c.pdf. Acesso em: jun. 2024.
- GONÇALVES, P. S.; SAES, L. A.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; SAKAI, M. Clones promissores de seringueira para a região do Vale do Ribeira, São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2343-2353, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001200004>.
- GONÇALVES, P. S.; BORTOLETTO, N.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; BATAGLIA, O. C. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 selecionados para a região noroeste do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 589-599, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000400001>.
- GONÇALVES, P. S. Uma história de sucesso: a seringueira no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 6-14, 2002a.
- GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; FURTADO, E. L.; SAMBUGARO, R.; OTTATTI, 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, 2002b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000200003>.
- GONÇALVES, P. S.; SILVA, M. A.; AGUIAR, A. T. E.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GOUVÊA, L. R. L. Performance of new *Hevea* clones from IAC 400 series. **Scientia agricola**, v. 64, n. 3, p. 241-248, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000300005>.

GONÇALVES, P. 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001200009>.

GOUVÊA, L. R. L.; RUBIANO, L. B.; CHIORATTO, A. F.; ZUCCHI, M. I.; GONÇALVES, P. S. Genetic divergence of rubber tree estimated by multivariate techniques and microsatellite markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 33, p. 308-318, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572010005000039>.

GOUVÊA, L. R. L.; SILVA, J. Q.; SCALOPPI JUNIOR, E. J. S.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. Linear mixed model approach in the evaluation of temporal stability of rubber yield of rubber tree genotypes under water stress. **Journal of Rubber Research**, v. 27, p. 377-487, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42464-024-00263-5>.

IAN-INSTITUTO AGRÔNOMICO DO NORTE. **Instituto Agrônomo do Norte**: Histórico-Objetivo-Organização-Pesquisa. S. D. E. (org.). 1962. 46 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150862/1/IAN-historico-objetivo-organizacao-pesquisa.pdf>. Acesso em: jun. 2024.

MANTELO, C. M.; BOATWRIGHT, L.; SILVA, C. C.; SCALOPPI JR., E. J.; GONCALVES, P. S.; BARBAZUK, W. B.; SOUZA, A. P. Deep expression analysis reveals distinct cold-response strategies in rubber tree (*Hevea brasiliensis*). **BMC Genomics**, v. 20, n. 455, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5852-5>.

PLATAFORMA **IAC BLUEIN**. Disponível em: <https://bluein.iac.sp.gov.br/portfolio-iac/cultivares/seringueira-2/>. Acesso em: jun. 2024.

SANT'ANNA, I. C.; GOUVÊA, L. R. L.; MARTINS, M. A.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FREITAS, R. S.; GONÇALVES, P. S. Genetic diversity associated with natural rubber quality in elite genotypes of the rubber tree. **Scientific Report**, v. 11, 1081, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80110-w>.

SANT'ANNA, I. C.; CRUZ, C. D.; GOUVÊA, L. R. L.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FREITAS, R. S.; GONÇALVES, P. S. Genetic diversity analyses of rubber tree genotypes based on UPOV descriptors. **Industrial Crops and Products**, v. 165, 113416, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113416>.

SANT'ANNA, I. C.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FREITAS, R. S.; GONCALVES, P. S. **Manual de Identificação de Clones de Seringueira IAC Séries 400 e 500**. 1. ed. São Carlos: Cubo, 2022. v. 1. 56 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/978-65-86819-29-8>.

SOUZA, L. M.; LE GUEN, V.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; SILVA, C. C.; MANTELLO, C. C.; CONSON, A. R. O.; VIANNA, J. P. G.; ZUCCHI, M. I.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; FIALHO, J. F.; MORAES, M. L. T.; GONÇALVES, P. S.; SOUZA, A. P. Genetic Diversity Strategy for the Management and Use of Rubber Genetic Resources: More than 1,000 Wild and Cultivated Accessions in a 100-Genotype Core Collection. **Plos One**, v. 10, e0134607, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134607>.

WIKIPÉDIA. **Ciclo da borracha**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_da_borracha. Acesso em: jun. 2024.



Figura 4. Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais/IAC, Votuporanga (SP).



LABORATÓRIO PAULISTA DE PESQUISA DE FERTILIZANTES

Heitor Cantarella* e Fernando Cesar Bachiega
Zambrosi

[*heitor.cantarella@sp.gov.br](mailto:heitor.cantarella@sp.gov.br)

O uso de fertilizantes tem desempenhado papel importante para a produção de alimentos e o alcance da segurança alimentar. Contudo, os desafios do setor estão longe de terem sido solucionados, necessitando de contínuas pesquisas para contribuir com o uso mais eficiente de recursos na agricultura. Nesse contexto, o Instituto Agrônomo (IAC) sediará o Laboratório Paulista de Pesquisas de Fertilizantes (LPPF), a ser instituído no Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa" (CEC). O local que receberá o LPPF será o prédio da antiga unidade de Tecnologia de Fibras (Figura 1), desativado há cerca de 10 anos. O prédio foi escolhido devido ao seu fácil acesso e por possuir área construída de mais de 600 m², a qual permitirá a acomodação de laboratórios, salas de pesquisadores, de estudantes e das empresas parceiras. O prédio será reformado para acomodar o LPPF, um laboratório de pesquisa com moderno polo de P&D e cocriação de soluções para fertilizantes e nutrição de plantas.

O LPPF reunirá diversas instituições de pesquisa do estado de São Paulo, trabalhando em parceria com empresas privadas, para desenvolver

tecnologias e inovações que possam ser rapidamente implementadas por empresas e levadas ao setor produtivo. O LPPF terá espaços para receber empresas, cientistas de outras instituições, startups, estudantes de graduação, pós-graduação e pós-docs, onde poderão desenvolver pesquisas conjuntas, compartilhando a infraestrutura e aproveitando as sinergias propiciadas pelas qualificações dos vários atores atuando junto ao LPPF. O acolhimento de instituições públicas e privadas é previsto pela atual Lei de Inovação. O IAC já conta com várias empresas desenvolvendo pesquisas conjuntas em outras áreas do conhecimento. As startups poderão ser instaladas também nos Hubs de inovação no prédio Sede do IAC e no IB, também localizados em Campinas.

Ao redor do prédio do LPPF há amplo espaço para a construção de casas-de-vegetação e salas de apoio. O CEC tem vasta área para condução de experimentos de campo para teste e validação de fertilizantes inovadores. Estudos também poderão ser realizados nas várias unidades da APTA, além das instalações das universidades e empresas da região, parceiras do projeto.



Figura 1. Foto aérea do Centro Experimental de Campinas "Fazenda Santa Elisa" (CEC), na Avenida Theodureto de Almeida Camargo, 1.500, Campinas (SP). Destaca-se a localização do prédio que abrigará o Laboratório Paulista de Pesquisas de Fertilizantes (LPPF).

Porque um Laboratório Paulista de Pesquisas de Fertilizantes no IAC?

O LPPF estará ligado programaticamente ao Centro de Excelência em Fertilizantes e Nutrição de Plantas (CEFENP), que está sendo

instituído pela Embrapa, no Rio de Janeiro. O CEFENP contará com seis unidades regionais descentralizadas, entre elas o LPPF. Essas iniciativas são parte do Plano Nacional de Fertilizantes, que visa reduzir a dependência do

Brasil de importação de fertilizantes de 85% para 50% até 2050. O Plano Nacional de Fertilizantes contempla entre as ações do Objetivo Estratégico 4, ampliar os investimentos em PD&I na cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas.

O LPPF é estratégico porque o estado de São Paulo, em particular a região de Campinas, concentra grande parte das sedes da indústria brasileira de fertilizantes e insumos, além de contar com inúmeras instituições de pesquisa e ensino, com larga experiência na realização de estudos com fertilizantes. Além do IAC, que trabalha com fertilizantes, fertilidade

do solo e nutrição de plantas há mais de um século, a região de Campinas conta com vários Campi da UNESP, ESALQ-USP, UNICAMP e três unidades da Embrapa. Essas instituições são reconhecidas pelo corpo técnico de grande valor, estruturas de ensino em diversos níveis, e laboratórios bem equipados (Figura 2). Além do IAC, outras unidades da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), incluindo o Instituto Biológico (IB), o Instituto de Zootecnia (IZ), o Instituto de Economia Agrícola (IEA), o Instituto de Pesca (IP) e a APTA Regional, poderão se juntar ao LPPF.

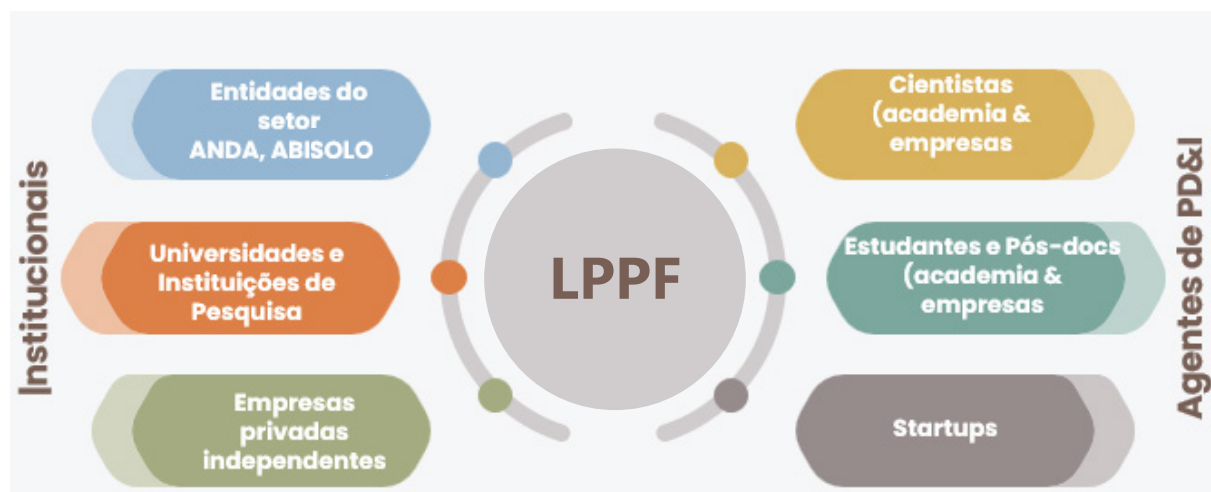


Figura 2. Principais participantes do LPPF.

Áreas de atuação

O LPPF deve ter atuação em várias áreas de pesquisa de fertilizantes para atender o Plano Nacional de Fertilizantes 2050. Porém, em um primeiro momento, o LPPF somará esforços com o projeto Reciclar Verde, instalado no CEC do IAC, para promover o desenvolvimento de fertilizantes organominerais. Isso é um aspecto-chave na ótica da economia circular e do aproveitamento de resíduos e subprodutos orgânicos. Os esforços de inovação também englobarão pesquisas sobre microrganismos e compostos promotores de crescimento de plantas, enraizamento, organismos fixadores de nitrogênio, derivados de algas, entre outros, como estratégia para aumentar a eficiência de uso de nutrientes e, assim, contribuir com uma produção agrícola mais sustentável.

Mas, não é só isso. A grande concentração de instituições de pesquisas em Campinas permitirá o desenvolvimento de fertilizantes inovadores, exploração de diferentes fontes de nutrientes, aditivos, produtos de base biológica, entre outros, ampliando o escopo de ações do LPPF e de opções de produtos para a indústria de fertilizantes.

Além das pesquisas com o aproveitamento de resíduos, o LPPF terá forte atuação em temas ligados à indústria tradicional de fertilizantes químicos. Há questões de uso eficiente de fertilizantes, redução de perdas e emissões de gases de efeito estufa (GEE), estudos sobre pegada de carbono e impacto ambiental, logística de fertilizantes, aperfeiçoamento de produtos tradicionais, possibilidade de desenvolvimento de novas formulações, entre outros (Figura 3). A estreita relação com o setor privado, integrado na programação do LPPF, é fundamental para que os objetivos do PNF sejam atingidos.

Os projetos vinculados ao LPPF serão direcionados para a solução de problemas práticos, conduzidos sempre em conjunto com empresas privadas. Objetiva-se com essa abordagem que os resultados das pesquisas possam gerar produtos tecnológicos prontos para ir para o mercado, ou seja, com TRL (*Technology Rediness Level*) ≥ 8 . Pesquisas de caráter básico serão feitas subsidiariamente nas instituições acadêmicas parceiras.

Para evitar duplicação de esforços o LPPF atuará em estreita colaboração programática com o CEFENP.

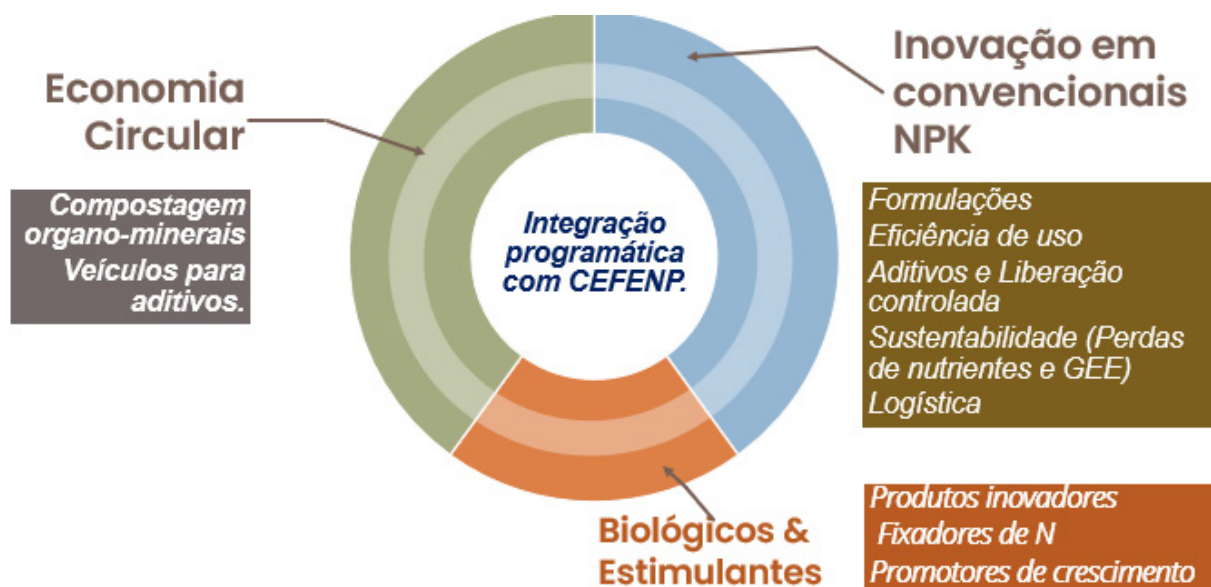


Figura 3. Principais áreas de atuação em PD&I do LPPF.

Financiamento e Governança

Entidades do setor de fertilizantes, tais como a Associação Nacional para a Difusão de Adubos (ANDA) e a Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (ABISOLO) manifestaram apoio para que o estado de São Paulo tenha um LPPF, e são parceiras de primeira hora. Outras instituições e empresas individuais poderão se juntar oportunamente. Negociações já foram iniciadas para incluir a colaboração com o International Fertilizer Development Center (IFDC), dos Estados Unidos, um dos principais centros de pesquisa com fertilizantes no mundo.

As empresas e organizações privadas parceiras na criação do LPPF anunciaram que aportarão recursos para a condução dos projetos, inclusive

para a manutenção da infraestrutura, mas, consideram que a contrapartida da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) é a reforma e adequação do prédio para a instalação do LPPF. Para isso, aproximadamente R\$ 4,5 milhões deverão vir de emendas parlamentares para os investimentos iniciais. A SAA do estado de São Paulo tem demonstrado firme suporte ao LPPF.

Adicionalmente, solicitações de recursos para equipamentos, projetos de pesquisas e pessoal (por meio de bolsas) estão em fase inicial de negociação com a FAPESP. Recursos do governo federal, por meio de várias agências, poderão ser aportados no âmbito do CEFENP. Projetos específicos contarão com financiamento de agências públicas (CNPq, FAPESP) ou privadas.

A governança do LPPF está em fase de elaboração, mas, a ideia central é que a gestão seja compartilhada com os parceiros públicos e privados, ou seja, não fique apenas no âmbito da administração pública (Figura 4). A principal razão para isso é ter projetos com objetivos, metas, prazos e orçamentos definidos, além de agilidade de execução. Os recursos privados, aportados majoritários quando o LPPF já tiver sido implantado,

deverão ser administrados por meio de fundação de apoio à pesquisa. Com isso, será possível contratar pessoal especializado de forma mais dinâmica, sem depender exclusivamente de concursos e recursos públicos. Portanto, o plano é que o LPPF tenha um Conselho Técnico-Científico com ampla representação público e privada, e com caráter deliberativo sobre a programação e orçamento.



Figura 4. Estrutura de governança do LPPF.

Concluindo, o LPPF será um polo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico inovador dentro da SAA, juntando competências de diversas instituições para atingir as metas do Plano Nacional de Fertilizantes. Assim,

o LPPF deverá alavancar pesquisas com fertilizantes no estado de São Paulo e colaborar ativamente para a expansão da indústria de fertilizantes, gerando empregos e renda.

**BLUEIN é o ponto de encontro para
fomentar parcerias com o IAC**



BLUEIN: AMBIENTE INOVADOR EM PROL DO SETOR AGRÍCOLA

Alessandra Alves de Souza*, Gabriel Constantino
Blain, Lilian Cristina Anefalos, Ricardo Baldassin
Junior e Vangri Camargo

*alessandra.coletta@sp.gov.br

O Instituto Agrônomo criou o **"BLUEIN: Plataforma Aberta IAC de Soluções para o Agro"**, um ambiente inovador que visa impulsionar parcerias com empresas, startups e novos negócios no setor agrícola. O termo **Blue in**, vem do inglês *Blue* = azul, e *in* = dentro. A cor azul remete à cor do nosso planeta, da sustentabilidade global e da logomarca do IAC, e o 'dentro', significa fazer parte de tudo isso. Por isso **Blue in** é um convite para unirmos esforços e, juntos, cocriarmos soluções inovadoras e sustentáveis para manutenção da qualidade e produtividade agrícola.

A Plataforma tem como objetivo facilitar o acesso aos serviços tecnológicos oferecidos pelo IAC em diversas áreas da agricultura, além de promover a transferência das tecnologias desenvolvidas pela Instituição para o setor produtivo. Outro foco é o estabelecimento de colaborações com empresas para o desenvolvimento de projetos de curto, médio e longo prazo, voltados à solução de desafios do setor.

Referência nacional e internacional em agricultura tropical, com mais de 100 pesquisadores doutores e ampla infraestrutura e tecnologia de ponta para pesquisa agrícola, a plataforma apresenta, em uma página descomplicada (<https://bluein.iac.sp.gov.br>), um rol de expertises do IAC para o **DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM PARCERIA** com o setor privado, em seis grandes áreas:

1. Proteção de plantas;
2. Solos, Nutrição e Fisiologia de Plantas;
3. Biotecnologia;
4. Desenvolvimento e adaptação de cultivares;
5. Eficiência no uso da água;
6. Desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologias.

Como fruto do pioneirismo nacional em pesquisa inovadora na agricultura, aliado à competência dos seus pesquisadores e dos resultados da sua pesquisa, a Plataforma também apresenta o **PORTFÓLIO DE TECNOLOGIAS IAC**, onde é possível acessar as principais tecnologias desenvolvidas pela Instituição e disponíveis para comercialização e/ou transferências, como por exemplo cultivares, patentes e marcas, programas de computadores e os **serviços técnicos especializados** de apoio à inovação.

Ainda você vai encontrar no **BLUEIN** a opção **"PARCERIA EM EVENTOS"** que permite acessar os eventos, exposições, workshops e cursos organizados pelo IAC, possibilitando a participação tanto como aluno ou visitante, quanto como expositor ou patrocinador, promovendo o aprendizado e uma interação mais ampla com o setor agrícola. Durante a navegação pela Plataforma é possível entrar em **CONTATO** com os nossos especialistas, assim como conhecer algumas **EMPRESAS PARCEIRAS** do IAC.

Acesse, conheça e seja nosso parceiro para inovarmos juntos no agro.



CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS (CIIAGRO)

Angelica Praela Pantano

angelica.pantano@sp.gov.br

O Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) foi criado em 1988 com a finalidade de operacionalizar e disponibilizar informações e aconselhamento às atividades agrícolas, com base nos parâmetros agrometeorológicos e previsão do tempo. O CIIAGRO fornece suporte para tomada de decisões em atividades agrícolas como: calendário agrícola, preparo do solo, manejo fitossanitário, monitoramento de irrigação, épocas de maturação e colheita, transporte de produtos agrícolas, operações florestais, como manejo contra incêndios, geadas e outros fenômenos adversos, manejo agrícola e demais atividades correlatas.

Devido às necessidades dos agricultores e demandas observadas, outras ferramentas foram adicionadas ao CIIAGRO, como: riscos climáticos, alerta de geada, zoneamento agrícola, manejo de irrigação, cálculos de número de horas de frio e graus-dias acumulados, balanço hídrico, entre outros.

A rede meteorológica atualmente conta com 230 estações automáticas distribuídas por todo o estado de São Paulo (Figura 1) que, por meio de um sistema automático via web, transmite

e armazena os dados disponíveis de forma gratuita aos usuários. Os usuários têm acesso a informações principais, como: temperaturas máxima e mínima do ar, precipitação e umidade relativa do ar. Além disso, os outros parâmetros da rede observacional estão disponíveis para consulta, análise e geração de produtos (tabelas e mapas).

Com base nesses arquivos são elaborados mensalmente boletins agroclimáticos com as condições observadas e prognósticos para o próximo período para todo o estado, com ênfase, principalmente, nas condições climáticas mais atuantes no período, como eventos extremos: seca acentuada, geadas, excesso de chuvas, vendavais, temperaturas extremas, entre outros.

A equipe disponibiliza ainda relatórios de dados climáticos para empresas particulares, que são utilizados como comprovação de ocorrência de dados extremos para sinistros junto a empresas de seguros.

Atualmente o CIIAGRO disponibiliza suas ferramentas em <https://clima.iac.sp.gov.br/>, www.ciiagro.org.br e <http://www.ciiagro.org.br/ema/>, <http://agroclimasp.ciiagro.org.br/>.

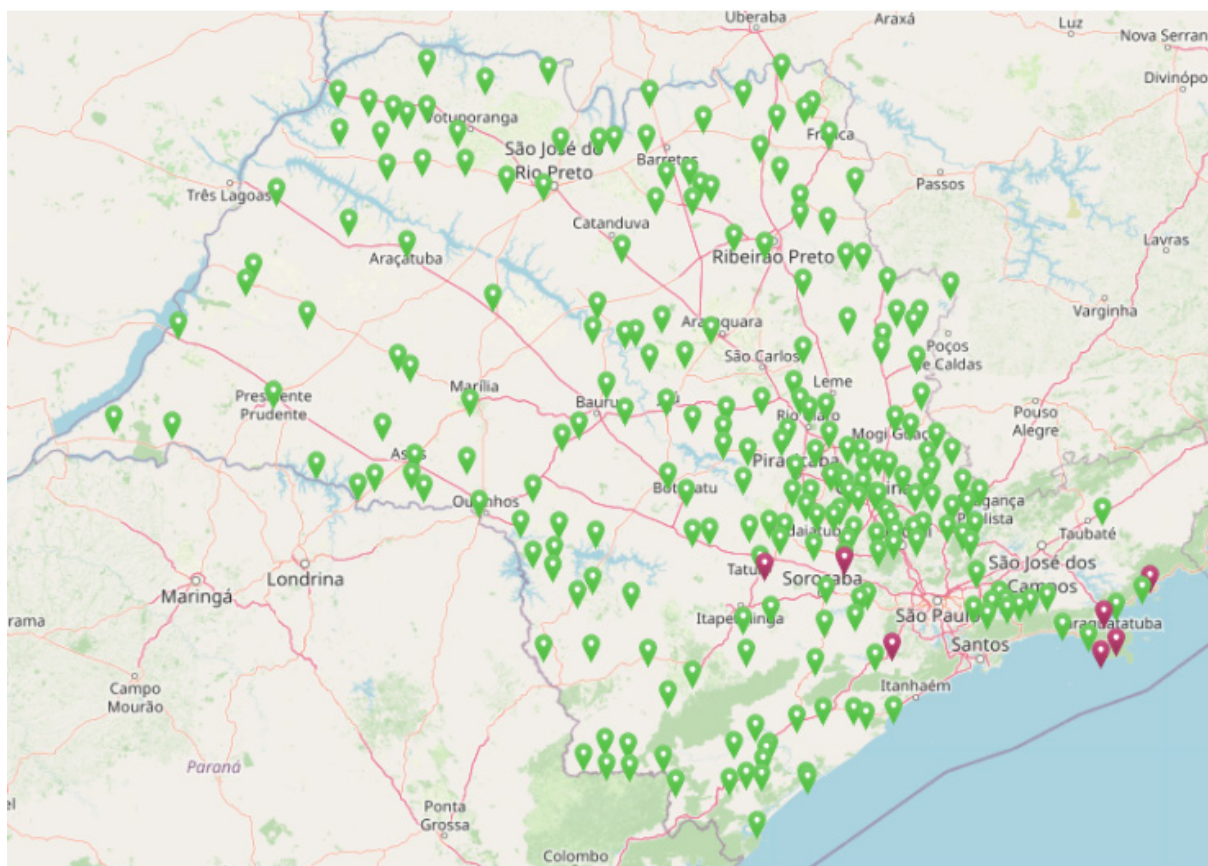


Figura 1. Estações automáticas meteorológicas no estado de São Paulo. Fonte: <http://agroclimasp.ciiagro.org.br/>.





CLÍNICA FITOPATOLÓGICA DOS CITROS

Helvecio Della Coletta Filho

helvecio.coletta@sp.gov.br

A Clínica Fitopatológica (CF), do Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", do Instituto Agrônomo, por meio de seu corpo técnico, atua no desenvolvimento, otimização e aplicação de técnicas para diagnóstico de fitopatógenos em citros, atendendo à comunidade citrícola, desde produtores, viveiristas, exportadores, técnicos e pesquisadores. Com início no final da década de 1990, paralelo às discussões sobre a necessidade de garantir e monitorar a sanidade do material de propagação de citros e, mais intensamente, após 2003, com a formalização no estado de São Paulo da produção mandatória de material propagativo de citros (borbulhas e mudas) em ambiente protegido, a CF vem trabalhando no intuito de atender as demandas do setor, de organizações governamentais (estadual ou federal) com ações de defesa vegetal. Nesse caminho, tem sempre priorizado a qualidade dos produtos gerados e dos resultados obtidos das análises, com total imparcialidade e confidencialidade, assim como rastreabilidade das análises. Nesse sentido, foi um dos laboratórios de diagnóstico fitossanitário pioneiros no estado de São Paulo a conquistar o selo *Ensaio ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017* conferido pela Coordenação-Geral de Acreditação - CGCRE, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO sob o certificado CRL 1.143, demonstrando a gestão de qualidade com especial atenção à competência técnica em todas as atividades desenvolvidas pela Clínica. Além da acreditação no CGCRE/INMETRO o escopo da CF está credenciado pela Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial (CGAL),

do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), segundo a Portaria nº 104 de 3 de julho de 2014 e renovada segundo a Portaria nº 121, de 8/11/2016.

Os escopos hoje estabelecidos na Clínica são: diagnóstico de *Phyllosticta citricarpa* e indução de sintomas de Mancha Preta dos Citros (MPC); diagnóstico de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, bactéria causadora do HLB ou *greening* dos citros; diagnóstico de *Phytophthora* spp., agente causal da gomose dos citros; diagnóstico de nematoides de citros; diagnóstico de *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, bactéria causadora do cancro cítrico e diagnóstico de *Xylella fastidiosa*, bactéria causadora da CVC. Para mais detalhes do escopo acessar o link <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfda/laboratorios-credenciados/laboratorios-credenciados/diagnostico-fitossanitario/diagnostico-fitossanitario>. Em adição a esses testes, em modo excepcional, o diagnóstico de *Elsinoë* spp. (anamorfo *Sphaceloma* spp.), agente causador da verrugose dos citros foi autorizado pelo MAPA como parte do escopo da Clínica Fitopatológica.

Com esse escopo, a CF visa auxiliar o citricultor quanto a dúvidas sobre a ocorrência de patógenos nos pomares, contribuir com o programa de exportação de frutas frescas no que tange ao diagnóstico de pragas quarentenárias exigidos pelos países importadores e, principalmente, no monitoramento da qualidade fitossanitária do material de propagação no programa de mudas certificadas do estado de São Paulo, também atendendo a outros estados do Brasil.



DO SOLO À PLANTA: DIAGNÓSTICOS QUE AUXILIAM A PRODUÇÃO NO CAMPO, A SEGURANÇA E SAÚDE ALIMENTAR DA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Aline Renée Coscione

aline.coscione@sp.gov.br

Os Laboratórios do Centro de Solos e Pesquisas de Fertilizantes compreendem cinco unidades, administradas por pesquisadoras especializadas em sua área de atuação, sendo: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Substratos, Microbiologia do Solo, Física do Solo e Fertilizantes e Resíduos. Esses laboratórios surgiram em épocas distintas em função da necessidade de atender demandas específicas, tanto no atendimento ao agricultor, verificando o teor de nutrientes disponíveis para as plantas como base de recomendação para adubações, quanto a aspectos ambientais ligados à reutilização de resíduos que podem ser empregados como fertilizantes. No Laboratório de Fertilidade do Solo foram desenvolvidos e testados os métodos de referência para a agricultura paulista. O Laboratório de Fertilizantes e Resíduos e o de Substratos são parceiros da defesa agropecuária nacional auxiliando o MAPA no desenvolvimento e testes de métodos de análise para insumos agrícolas, estando cadastrados no MAPA para a prestação de serviços, sendo que alguns deles já foram ou mantem reconhecida qualidade de seus serviços atestada pela acreditação na norma ISO17025, concedida pela CGCRE/INMETRO.

O Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas foi pioneiro no Brasil e existe desde a criação do IAC, em 1887. O Laboratório de Física do Solo, também pioneiro, vem desde o início dos anos 80 apoiando as

pesquisas em manejo e conservação dos solos, incluindo os estudos sobre erosão e qualidade física. Lançou em 1986 o primeiro boletim reunindo os métodos de análise selecionados para uso em laboratórios e nos campos experimentais. O Laboratório de Fertilizantes e Resíduos e o de Substratos avaliam a conformidade de fertilizantes, substratos, condicionadores de solo, corretivos de acidez e sodicidade, e resíduos com potencial de uso agrícola frente às legislações nacionais como instrumento de inovação tecnológica, com a realização de ensaios químicos e físicos, de incubação para mineralização de carbono e de nitrogênio, determinação de teores semitotais de elementos em solos para monitoramento ambiental e, desenvolvimento e testes de novos métodos de análise de fertilizantes junto ao MAPA. O foco dos serviços prestados pelo Laboratório de Microbiologia do Solo é a avaliação de indicadores microbianos em solo, substratos, fertilizantes, resíduos orgânicos e compostos orgânicos com potencial de uso agrícola, para fins de sanidade e caracterização da microbiota. Além da prestação de serviços analíticos para representantes de fabricantes, associações de produtores de fertilizantes, laboratórios privados e consultorias agrícolas e ambientais, os laboratórios realizam cursos e treinamentos na teoria dos métodos analíticos visando inovação e difusão tecnológica para melhoria dos insumos agrícolas, práticas de manejo sustentável e proteção ambiental.



MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB), GEMAS BROTADAS E GEMAS SELECIONADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR: OPORTUNIDADES E REFLEXÕES

Mauro Alexandre Xavier*, Samira Domingues
Carlin, Ana Maria de Fátima Cunha e Marcos
Guimarães de Andrade Landell

*mauro.xavier@sp.gov.br

O Programa Cana do Instituto Agrônomo (IAC), desenvolveu e difundiu a partir de 2012, o sistema de multiplicação de cana-de-açúcar, denominado de MPB, mudas pré-brotadas. Essa tecnologia permitiu ao setor da bioenergia, mais especificamente ao setor de produção de cana, uma inovação na forma e no conceito de se realizar a operação de plantio. O sistema MPB rapidamente passou a ser utilizado pelos principais grupos agroindustriais. Paralelamente, produtores de diferentes escalas de produção adotaram a tecnologia, democratizando o acesso às cultivares, produto do trabalho dos programas de melhoramento genético e, principal insumo biológico para produção de etanol, açúcar e outros ativos. A tecnologia MPB passou a ser utilizada como um processo estratégico na formação de novas áreas de viveiros básicos e satélites, o que permitiu aos produtores dinamizarem e incorporarem ao sistema produtivo, ganhos genéticos presentes nas cultivares melhoradas. Outra contribuição importante foi promover maior diversificação do atual censo varietal de plantio e cultivo. A diversificação no uso de cultivares, por sua vez, age como um fator de equilíbrio e proteção biológica, minimizando eventuais danos de pragas e patógenos.

O desenvolvimento da tecnologia de mudas pré-brotadas, MPB, promoveu demanda de mercado e, consequentemente, estimulou o

surgimento da figura do produtor viveirista de mudas de cana, à semelhança do que já existia na área florestal, horticultura, fruticultura, cafeicultura e no mercado de flores. Dessa forma, o Programa Cana IAC, a partir de 2017, propôs e lançou o projeto de produção integrada de mudas pré-brotadas. Nesse projeto, o IAC tem como parceiros, produtores viveiristas, devidamente registrados no RENAME e legalizados junto ao MAPA. No programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar, o Instituto Agrônomo fica responsável pela produção e entrega de gemas brotadas (Figura 1), etapa mais crítica e que pressupõe a garantia de autenticidade genética do material base para a produção das MPBs. Nessa integração, o parceiro viveirista recebe a gema brotada do IAC, acompanhada dos documentos legais e realiza as etapas de aclimação, finalizando a MPB (Figura 2). Nesse modelo, o viveirista parceiro do IAC, atende ao usuário final, os produtores de cana-de-açúcar. O projeto possibilitou a oportunidade de especialização de etapas dentro do processo de produção das mudas pré-brotadas, integrando a pesquisa desenvolvida no IAC e o produtor viveirista parceiro. O objetivo do projeto foi gerar maior capilaridade e capacidade de atendimento ao setor produtivo. Atualmente, o projeto de produção integrada de MPB conta com oito empresas parceiras nesse desenvolvimento.

Em 2023 passamos a desenvolver o conceito de gemas selecionadas de cana-de-açúcar (Figura 3). O conceito em desenvolvimento propõe que os manejos fitotécnicos adotados nas áreas dos "matrizeiros" sejam rigorosamente realizados. Após a etapa de desenvolvimento do "colmo-semente" em campo, a estrutura botânica de brotação da cana-de-açúcar, a gema, será selecionada contra danos físicos, mecânicos e fisiológicos



Figura 1. Gema brotada.



Figura 2. Muda pré-brotada (MPB).



Figura 3. Gemas selecionadas.



Figura 4. Gemas com danos físicos, mecânicos e fisiológicos.

PUC-Campinas e IAC.
Juntos, semeando
o futuro da Agronomia.

**O primeiro curso de
Engenharia Agrônômica de
Campinas tem a força
de dois gigantes da cidade.**



**NOVOS MODELOS
DE PARCERIA:
CONEXÃO IAC E
PUC-CAMPINAS
PARA FORMAÇÃO
DE NOVOS
TALENTOS PARA
O AGRO**

Lilian Cristina Anefalos* e Aline Renée Coscione

*lilian.anafelos@sp.gov.br

O IAC, em seus 137 anos de atuação, tem buscado atuar de forma bem dinâmica e interativa junto aos diversos atores do setor produtivo, de forma a expandir e potencializar suas contribuições para o fortalecimento contínuo do desenvolvimento socioeconômico brasileiro, com especial atenção ao agro. A partir da publicação do Decreto nº 62.817/2017, mais comumente conhecido como "Decreto de Inovação do Estado de São Paulo", o IAC tem conseguido aprovar novos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), com grande ação inovadora a partir da prospecção de demandas setoriais. A parceria entre o Instituto Agronômico (IAC) e a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC) é resultado de uma iniciativa inédita, nesse contexto.

O objetivo da parceria é desenvolver ações inovadoras de caráter técnico e de PD&I para formação e inserção de novos talentos no agro brasileiro, com foco na estruturação regional de novos segmentos do agronegócio. O acordo foi firmado há um ano, nas comemorações dos 136 anos do IAC, em 27 de junho de 2023. É importante ressaltar as relevantes repercussões que foram divulgadas na mídia, por ocasião dessa formalização:

"A PUC-Campinas está lançando seu novo curso de Engenharia Agronômica, que começará a funcionar em 2024. Um dos principais atrativos é a parceria da Universidade com o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), um dos centros de pesquisa em agricultura mais respeitados internacionalmente".

(<https://www.puc-campinas.edu.br/puc-campinas-lanca-novo-curso-de-engenharia-agronomica-em-parceria-com-o-iac/>)

"Uma parceria entre o Instituto Agronômico (IAC), de Campinas, e a PUC-Campinas será assinada na cerimônia de aniversário de 136 anos. A Universidade passará a oferecer o curso de Engenharia Agronômica, em 2024, quando contará com a expertise e competência de áreas multidisciplinares do IAC para alavancar a formação de novos talentos, alicerçada em 136 anos de ciência dirigida para a solução de problemas ininterrupta.

Os acadêmicos terão a oportunidade de conviver no ambiente da ciência agronômica do IAC, que desenvolveu as bases da agricultura tropical conhecida em todo o mundo, por meio de atividades integradoras com foco em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, com projetos do 3º ao 8º períodos do curso".

"O IAC também irá proporcionar visitas técnicas aos alunos do 1º ao 10º período do curso, diretamente nas áreas de pesquisa em Campinas e em cada um dos seus Centros e Núcleos Regionais de Pesquisa, localizados em Cordeirópolis, Jundiaí, Ribeirão Preto, Votuporanga, Mococa, Jaú, Capão Bonito, Tatuí e Itararé".

"A parceria ainda traz a possibilidade de realização de estágios supervisionados, elaboração de Projetos Finais de Curso e ações voltadas ao empreendedorismo para a criação de novas empresas de base tecnológica dentro do IAC".

(<https://www.apta.sp.gov.br/noticias/iac-comemora-136-anos-com-resultados-in%C3%A9ditos-na-pesquisa>)

No primeiro semestre de 2024, a primeira turma do curso de Engenharia Agrônômica já iniciou suas atividades acadêmicas, com ações conjuntas entre a coordenação da PUCC e do IAC. Estão previstos dois ingressos por ano, com a segunda turma iniciando em agosto deste ano. Esse diferencial, de implementar e moldar cada uma das etapas do curso, com a interação entre os alunos e professores da PUCC, pesquisadores e pós-graduandos do IAC, constitui-se em um novo modelo, inédito no Brasil, que está sendo estruturado e poderá ser referência para ações sinérgicas, somando a atuação do ensino e da pesquisa agrícola. Um ponto de destaque é que será possível construir melhores estratégias para

inserção desses novos profissionais no mercado, proporcionando experiências únicas dentro de uma instituição de pesquisa agrícola, podendo projetar caminhos sólidos em várias direções, não apenas com foco em mercado tradicional, mas também, para criação de novas empresas de base científica e tecnológica, por meio do empreendedorismo, ou mesmo na atuação nas áreas de pesquisa e de ensino.

Dessa forma, nesses novos tempos em que o caminho é termos cada vez mais imersão tecnológica em todas as áreas de atuação, inclusive com a inclusão da inteligência artificial em nosso dia a dia, há que se investir em “cérebros” para que tenhamos lideranças fortes no mercado, com base robusta em conhecimento científico e tecnológico.





PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO INSTITUTO AGRONÔMICO

Aline Renée Coscione

pgiac@iac.sp.gov.br

O ano de 2025 marca o aniversário de 25 anos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do IAC. Celebrar 25 anos não é apenas lembrar um quarto de século de conquistas; é também reafirmar nosso compromisso com o futuro da agricultura, com a segurança alimentar e com o meio ambiente. A PG-IAC começou em 1999 com o Mestrado e se estendeu com o Doutorado, em 2009. O curso foi remodelado em 2022, destacando nossa vocação, tendo como área de concentração a **PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL**, que possui duas linhas de pesquisa: Sistemas de Manejo e Qualidade Ambiental (SMQA) e Biotecnologia, Genética e Melhoramento de Plantas (BGMP). A linha SMQA visa à formação dos discentes com ênfase no aumento da eficiência produtiva e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, com objetivo de contribuir para a segurança alimentar. A linha BGMP aborda aspectos conceituais e aplicados da genética, biotecnologia, biologia molecular e interação planta-microrganismos, com ênfase no melhoramento genético vegetal. Nossa abordagem é imergir cada aluno no cerne da pesquisa agrícola, transformando-os em pesquisadores

que contribuam diretamente para as inovações que definem nosso futuro. Nos diferenciamos pela experiência prática que oferecemos, uma jornada de aprendizado que prepara nossos alunos não apenas para enfrentar, mas para liderar nos desafios do agronegócio. Hoje temos mais de 500 mestres e 100 doutores formados, e a família não para de crescer. Fomos os pioneiros, o primeiro curso de pós-graduação em um Instituto de Pesquisa no estado de São Paulo, estabelecendo um legado de excelência e liderança. Na Pós-Graduação do IAC, a teoria e a prática se entrelaçam nos campos e laboratórios, transformando nossos alunos em protagonistas da pesquisa agrícola. Nesses 25 anos de história agradecemos aos ex-coordenadores e ex-professores por seus esforços no desenvolvimento e consolidação dessa experiência de sucesso. Agradecemos ainda ao apoio inestimável da FUNDAG e às agências de fomento Capes, CNPq e FAPESP pelas bolsas de estudo de nossos alunos e suporte financeiro para manutenção do curso. Novos alunos de mestrado são selecionados anualmente nos meses de novembro/dezembro, enquanto novos alunos de doutorado são admitidos ao longo de todo o ano letivo.



QUEPIA – PROGRAMA IAC DE QUALIDADE DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NA AGRICULTURA

Hamilton Humberto Ramos

hamilton.ramos@sp.gov.br

O QUEPIA - Programa IAC de Qualidade de Equipamentos de Proteção Individual na Agricultura é resultante de uma parceria entre o Centro Avançado de P&D de Engenharia e Automação (CEA), do Instituto Agrônomo (IAC) e empresas fabricantes de vestimentas de proteção para o trabalho com agrotóxicos, com o objetivo de aprimorar a segurança e a qualidade de equipamentos de proteção individual nas aplicações de agroquímicos. Com suas atividades sempre ligadas a órgãos nacionais e internacionais de normatização, como Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e International Organization for Standardization (ISO), o Laboratório de Qualidade de Vestimentas de Proteção do QUEPIA vem associando pesquisa, desenvolvimento e prestação de serviços a agricultores, fabricantes de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e órgãos governamentais, desde 2006. Vários foram os processos de modernização do laboratório e, mais recentemente, cerca de R\$ 1,5 milhão, captados na iniciativa privada com o apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), foram investidos para sua adequação à ISO17025 de qualidade de laboratórios. A expectativa é a de seguir gerando e transferindo tecnologia e evolução no desenvolvimento de recursos para a efetiva proteção do trabalhador aplicador de agroquímicos na agricultura brasileira e mundial, mas agora com uma certificação internacional dos seus resultados.

Hoje, o Laboratório de Qualidade de Vestimentas de Proteção está apto

a, além de ser um braço técnico dos fabricantes de EPI no desenvolvimento de novos materiais e produtos, realizar todos os ensaios constantes da ISO 27065 - Vestimenta de proteção - Requisitos de desempenho para vestimenta de proteção utilizada por trabalhadores na aplicação de agrotóxicos e durante o período de reentrada, como ensaios de penetração e permeação químicas em materiais e costuras, resistência ao tracionamento e rasgamento de materiais e costuras, penetração em vestimentas completas, além de uma série de diferentes lavagens (ISO 6330). O laboratório é acreditado por diferentes Organismos de Certificação de Processos (OCP) para emitir Laudos de Qualidade utilizados pelos fabricantes para a obtenção do Certificado de Aprovação (CA) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Por fim, ações de transferência de tecnologia também são desenvolvidas em parceria com empresas, como treinamentos presenciais e EAD, para que a informação possa chegar com qualidade ao consumidor final. Empresas parceiras do IAC ganham o direito de utilizar a logomarca QUEPIA em suas vestimentas, que em função da sua credibilidade, cada vez mais é exigida por consumidores finais dos seus fornecedores. O QUEPIA é ainda, a base de ensaio para fabricantes de EPI de outros países em desenvolvimento, principalmente africanos, que se preocupam com qualidade, mas ainda não possuem um processo de certificação ou mesmo laboratórios desenvolvidos.

