

Genética e Melhoramento de Plantas e Animais

Magnólia de Araújo Campos
Rafael Trindade Maia
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019



Genética e Melhoramento de Plantas e Animais

Magnólia de Araújo Campos
Rafael Trindade Maia
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019



2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G328	Genética e melhoramento de plantas e animais [recurso eletrônico] / Organizadores Magnólia de Araújo Campos, Rafael Trindade Maia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-719-2 DOI 10.22533/at.ed.192191710 1. Animais – Melhoramento genético. 2. Genética. 3. Plantas – Melhoramento genético. I. Campos, Magnólia de Araújo. II. Maia, Rafael Trindade. CDD 575
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A área de melhoramento genético é um sub-ramo da genética que visa identificar, aperfeiçoar, selecionar, preservar e utilizar características de interesse produtivo e comercial em plantas e animais. Selecionar genótipos e fenótipos de interesse nos variados organismos vem sendo feito desde o início da agricultura e da pecuária, nos primórdios da civilização, através de seleção artificial.

Atualmente, a área de melhoramento genético conta com inúmeras ferramentas para a seleção de características desejáveis; como marcadores morfológicos e moleculares, criopreservação, transgenia, cruzamentos e construção de germoplasmas.

A obra "**Genética e melhoramento de plantas e animais**" é composta de uma criteriosa seleção de trabalhos científicos e de revisões de literatura organizados em 10 capítulos distintos, elaborados por pesquisadores de diversas instituições que apresentam temas diversificados e relevantes. Este *e-Book* foi cuidadosamente editado para acadêmicos e estudantes de todos os níveis (graduação e pós-graduação) que apresentem interesse nesta área, no qual encontrarão informação e resultados de pesquisas de ponta.

É inegável a crescente demanda de estudos e pesquisas direcionadas ao melhoramento das espécies, especialmente em um país tido como uma das maiores potências agrícolas e pecuárias do mundo. O futuro do melhoramento genético é fascinante e extremamente promissor no Brasil e no mundo, e certamente será uma das forças motrizes da produção animal e vegetal e do desenvolvimento científico, tecnológico e humano.

Magnólia de Araújo Campos
Rafael Trindade Maia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DO ÍNDICE MEIÓTICO, VIABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO POLÍNICA DE <i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. EX SPRENG.) K. SCHUM	
Uéliton Alves de Oliveira Alex Souza Rodrigues Elisa dos Santos Cardoso Kelli Évelin Müller Zortéa Edimilson Leonardo Ferreira Talles de Oliveira Santos Ana Aparecida Bandini Rossi	
DOI 10.22533/at.ed.1921917101	
CAPÍTULO 2	12
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, CITOGENÉTICA E MOLECULAR DE TRIGO COMO SUBSÍDIO AO MELHORAMENTO GENÉTICO, REGISTRO E PROTEÇÃO DE CULTIVARES	
Gabrieli Scariot Sandra Patussi Brammer Pedro Luiz Scheeren Ricardo Lima de Castro Simone Meredith Scheffer-Basso	
DOI 10.22533/at.ed.1921917102	
CAPÍTULO 3	23
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA EM ESPIGAS DE POPULAÇÕES DE MILHO CRIOULO CULTIVADAS NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL	
Ariel Rizzardo Bianca Oliveira Machado Cristina Slaviero Marcos Gatti Slaviero Karina da Silva Noryam Bervian Bispo	
DOI 10.22533/at.ed.1921917103	
CAPÍTULO 4	30
VARIABILIDADE DOS GENÓTIPOS DE MILHO DA ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO	
Lucas Carneiro Maciel Weder Ferreira dos Santos Rafael Marcelino da Silva Layanni Ferreira Sodré Laura Carneiro Silva Zildiney Dantas da Silva Jefferson da Silva Pereira Fernando Assis de Assunção Benício Lourenço Duarte Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.1921917104	

CAPÍTULO 5 39

DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM MILHO NO ECÓTONO CERRADO-AMAZÔNIA

Rafael Marcelino da Silva
Weder Ferreira dos Santos
Layanni Ferreira Sodré
Adriano Silveira Barbosa
Laina Pires Rosa
Lucas Carneiro Maciel
Igor Moraes dos Reis
Eduardo Tranqueira da Silva
Matheus Rodrigues de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.1921917105

CAPÍTULO 6 50

SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO SUMETIDOS A DEFICIT HÍDRICO NO ESTÁGIO V4

Luiz Augusto Salles das Neves
Kelen Haygert Lencina
Raquel Stefanello

DOI 10.22533/at.ed.1921917106

CAPÍTULO 7 59

BENEFÍCIOS DO SILÍCIO COMO ATENUADOR DE ESTRESSES NAS PLANTAS

Cândido Ferreira de Oliveira Neto
Glauco André dos Santos Nogueira
Luma Castro de Souza
Luciana Ingrid Souza de Sousa
Andressa Pinheiro de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.1921917107

CAPÍTULO 8 71

MINIRREVISÃO: CRIOPRESERVAÇÃO DE GAMETAS

Renan Rhonalty Rocha
Maria Vitória Laurindo
Antonio Erivelton Passos Fontenele
Camilla Rodrigues Pinho
Sílvia Helena Tomás
Bárbara Mônica Lopes e Silva
Antônio José Rocha

DOI 10.22533/at.ed.1921917108

CAPÍTULO 9 78

BIOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA PARA O CONHECIMENTO E CONSERVAÇÃO DA FAUNA E FLORA AMAZÔNICA

Marcelo Derzi Vidal
Elba Pereira Chaves
Vilena Aparecida Ribeiro Silva

DOI 10.22533/at.ed.1921917109

CAPÍTULO 10	88
--------------------------	-----------

DIVERSIDADE GENÉTICA DE SEIS RAÇAS CAPRINAS BRASILEIRAS

Bruna Lima Barbosa
Vanessa dos Santos Neri
Abigail Araújo de Carvalho
Débora Araújo de Carvalho
Eliene Pereira de Oliveira
Artur Oliveira Rocha
José Lindenberg Rocha Sarmiento
Fábio Barros Britto
Max Brandão de Oliveira
Soraya Sara Viana Castro
Maria Ivamara Soares Macedo

DOI 10.22533/at.ed.19219171010

SOBRE OS ORGANIZADORES	97
-------------------------------------	-----------

ÍNDICE REMISSIVO	98
-------------------------------	-----------

BIOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA PARA O CONHECIMENTO E CONSERVAÇÃO DA FAUNA E FLORA AMAZÔNICA

Marcelo Derzi Vidal

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Sociobiodiversidade Associada a Povos e Comunidades Tradicionais, São Luís - Maranhão, Brasil.

Elba Pereira Chaves

Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias, São Luís - Maranhão, Brasil.

Programa de Doutorado da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, São Luís - Maranhão, Brasil.

Vilena Aparecida Ribeiro Silva

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, São Luís - Maranhão, Brasil.

Programa de Doutorado da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal, São Luís - Maranhão, Brasil.

RESUMO: A Amazônia é reconhecida mundialmente como um grande reservatório de espécies animais e vegetais e fonte inestimável de riquezas. No entanto, boa parte das espécies que ocorrem neste bioma apresenta carência de informações e sofrem com as ameaças provenientes de atividades antrópicas como a expansão da pecuária, a extração madeireira, o agronegócio, a mineração ilegal e a sobrecaça. Neste artigo apresentamos como diferentes ferramentas biotecnológicas têm possibilitado melhor conhecer e aproveitar a megadiversa

fauna e flora amazônica em diversas áreas de interesse, como a química de produtos naturais, a alimentação e saúde humana, e a produtividade vegetal e animal.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Biodiversidade, Uso sustentável

BIOTECHNOLOGY AS A TOOL FOR KNOWLEDGE AND CONSERVATION OF AMAZON FAUNA AND FLORA

ABSTRACT: The Amazon is globally recognized as a large reservoir of plant and animal species and invaluable source of wealth. However, most of the species that occur in this biome has lack of information and suffer threats from human activities such as livestock expansion, logging, agribusiness, illegal mining and overhunting. In this article we present how different biotechnological tools have been used to better know and enjoy the megadiversa Amazon fauna and flora in several areas of interest such as chemical of natural products, food and human health, and plant and animal productivity.

KEYWORDS: Amazon, Biodiversity, Sustainable use

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui um terço das florestas tropicais remanescentes do mundo e é

reconhecidamente um dos mais importantes repositórios da diversidade biológica mundial, englobando pelo menos 13% de todas as espécies que existem (AYRES et al., 2005; LEWINSOHN, 2006).

Apesar dos números expressivos, boa parte das espécies brasileiras, principalmente as que ocorrem na região amazônica, apresenta carência de informações ecológicas e populacionais (MACHADO et al., 2005). A grande tendenciosidade amostral, ditada por fatores como acessibilidade a áreas e determinadas tipologias florestais, a grande variação espacial dos esforços de coleta e observação, e a pequena proporção amostrada até o momento, mesmo para os táxons mais conhecidos, sugere um desconcertante desconhecimento sobre a Amazônia (PERES, 2005). Conseqüentemente, temos grandes dificuldades em planejar a adequada conservação e uso sustentável de seus recursos naturais.

Sem dúvida, a Amazônia brasileira enfrenta as maiores ameaças e apresenta as maiores oportunidades para a conservação da biodiversidade da nossa época (PERES, 2005), por isso, o uso de novas abordagens e ferramentas que permitam melhor conhecer seus inúmeros organismos, passou a ser impositivo. Neste artigo apresentamos como a Biotecnologia vem sendo utilizada como ferramenta para o conhecimento e uso sustentável das espécies da fauna e flora amazônica.

2 | BIOTECNOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

O termo biotecnologia é utilizado para definir o conjunto de tecnologias que utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico, bem como para gerar novos serviços e produtos úteis para os diversos segmentos industriais e para a sociedade (BRASIL, 2010). Nesse sentido, muito antes que o homem entendesse a Biologia, ele já lidava com a biotecnologia na produção de vinhos e pães (BORÉM, 2005).

Atualmente, com o avanço dos estudos em genética, fisiologia, zoologia, botânica, agronomia, e áreas afins, a biotecnologia tem ocupado cada vez mais um espaço de vanguarda na geração de conhecimentos da biodiversidade e no melhor aproveitamento das espécies.

No Brasil, a biotecnologia integra a base produtiva de diversos setores da economia, com um mercado de produtos biotecnológicos que atinge a ordem de 2,8 % do PIB nacional (ASSAD; AUCÉLIO, 2004), e sua atuação tem aumentado em número e em intensidade em esferas com interesses diversificados, como empresas do setor químico e farmacêutico, instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento, jardins botânicos e zoológicos, organizações não governamentais, comunidades locais e populações indígenas (ODALIA-RÍMOLI et al., 2000).

São inúmeros os exemplos dos avanços recentes, como os novos medicamentos produzidos por engenharia genética, órgãos e tecidos para transplante sem

rejeição, plantas utilizadas como vacinas, vegetais enriquecidos com vitaminas, micro-organismos geneticamente modificados para biorremediação e biomateriais de aplicação em saúde humana e de uso industrial (tecidos, plásticos vegetais e biodegradáveis, polímeros, produtos químicos e de eletrônica molecular).

No entanto, as novas técnicas de exploração da biodiversidade permeiam o conceito conservacionista, objetivando não somente o ganho econômico, mas, principalmente, a conservação dos recursos naturais (ODALIA-RÍMOLI et al., 2000). Desta forma, ações de bioprospecção em áreas de alta diversidade biológica, tais como a Amazônia, têm crescido substancialmente nos últimos anos e contribuído para a geração de novos conhecimentos sobre padrões populacionais das espécies, recuperação de populações em declínio, exploração sustentável de substâncias e princípios ativos, e geração de renda para comunidades envolvidas no cultivo ou extração das espécies.

3 | FERRAMENTAS BIOTECNOLÓGICAS NA CONSERVAÇÃO DA FAUNA AMAZÔNICA

3.1 DNA mitocondrial e DNA barcode

O DNA mitocondrial (DNAMt) é uma molécula relativamente grande e pode ser facilmente detectada através de diversos métodos, como enzimas de restrição, polimorfismo de conformação em fita simples e sequenciamento. O principal uso deste tipo de DNA na conservação está na resolução de incertezas taxonômicas, na definição de unidades de manejo e no auxílio ao entendimento da biologia das espécies. Espécies agrupadas incorretamente, pela ausência de uma identificação taxonômica correta, podem ficar sem proteção legal, sofrer hibridização com outras espécies, e permitir que espécies não reconhecidas que estão em perigo tornem-se extintas (FRANKHAM et al., 2008).

Recentemente, Hrbek et al. (2014) utilizaram análises de DNAMt e DNA nuclear para propor a descoberta de uma nova espécie de golfinho fluvial, o boto-do-Araguaia (*Inia araguaiaensis*). Apesar de apresentar diferenças morfológicas sutis com as duas espécies do gênero *Inia* descritas até então (*I. geoffrensis* e *I. boliviensis*), a comprovação que se tratava de uma espécie distinta foi feita somente após análises de DNA de dezenas de botos da bacia do Solimões-Amazonas, da sub-bacia Boliviana, e do rio Araguaia. Após as análises, os autores observaram que não havia compartilhamento de linhagens entre os animais estudados. Estudo similar foi desenvolvido por Huergo (2010) nos rios da Amazônia a fim de estimar a diversidade genética da piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*) e da piraíba-negra (*Brachyplatystoma capapretum*) por meio do DNAMt. O estudo detectou a possibilidade de existirem mais duas espécies, mostrando a necessidade crescente do conhecimento sobre os recursos aquáticos amazônicos para subsidiar o seu

manejo e conservação adequados.

Neste contexto, surgiu a ideia de realizar a discriminação de todas as espécies vivas do planeta através da utilização de um pequeno segmento padronizado de DNA, técnica conhecida por código de barras de DNA ou DNA Barcode (SOUSA et al., 2015). Para os animais, foi estabelecida como código de barras uma região de um gene mitocondrial denominado de citocromo C Oxidase Subunidade I (COI) (AZEREDO-ESPIN, 2005). O uso do DNA Barcode tem apresentado alta taxa de sucesso na identificação rápida de espécies de diversos grupos de artrópodes, aves, peixes e anfíbios (HEBERT et al., 2003). A partir dessa necessidade de “catalogar” os organismos, foi criado um banco gênico do DNA Barcode (BOLD-Barcode of Life Database) para o depósito de todas as espécies com sequenciamento publicado e também um Consórcio para o Código de Barras da Vida (CBOL), com a participação de mais de 120 organizações de 45 países, objetivando a promoção e investigação para a formação de uma biblioteca de códigos de barras para os organismos eucariotos (RATNASINGHAM; HEBERT, 2007).

3.2 Marcadores moleculares

O uso de marcadores moleculares vem se destacando como uma ferramenta viável nos programas de conservação. Segundo Faleiro (2007), estes marcadores permitem gerar informações sobre a identidade genética, a diversidade, a frequência gênica e os relacionamentos filogenéticos, que são úteis na conservação dos recursos genéticos e podem complementar as informações ecológicas e morfológicas. Entre os marcadores moleculares disponíveis, destacam-se os microssatélites (SSRs - Simple Sequence Repeat, ou STRs - Single Tandem Repeat), que são muito variáveis e abundantemente distribuídos no genoma de eucariotos (FRANKHAM et al., 2008).

Com o objetivo de realizar uma caracterização molecular inicial do jurará, e de avaliar a variabilidade genética existente em populações do Banco de Germoplasma Animal da Amazônia Oriental, Silva et al. (2011) utilizaram outro tipo de marcador molecular, conhecido como RAPD (Polimorfismos de DNA Amplificados ao Acaso), e os resultados indicaram a existência de variabilidade genética a ser explorada no contexto da conservação da espécie.

3.3 Inseminação artificial

Segundo Ax et al. (2000), a inseminação artificial é uma das técnicas reprodutivas de maior destaque no que diz respeito a conservação de espécies, pois possibilita que um único exemplar selecionado produza quantidades suficientes de células germinativas para serem utilizadas em uma centena de outros indivíduos. Outra vantagem da inseminação artificial é a possibilidade de utilização tanto de sêmen resfriado quanto criopreservado, o que torna desnecessário o transporte de animais de uma instituição a outra para fins de acasalamento (MICHELETTI et al., 2011).

No Plano de Ação Nacional para Conservação da Ararinha-azul, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, em parceria com a AI Wabra Wildlife Preservation - AWWP, conseguiu gerar a partir da inseminação artificial dois filhotes da ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*). Esta conquista foi destaque em todo mundo, não apenas pelo sucesso da técnica naqueles animais, mas especialmente em virtude do fato de não existirem exemplares vivos na natureza, apenas pequenas unidades em cativeiro (ICMBIO, 2013).

3.4 Fertilização *in vitro*

A fertilização *in vitro* vem se mostrando uma biotecnologia promissora tanto na embriologia básica como na produção animal e tem se destacado ao lado da inseminação artificial com uma alternativa eficiente no processo reprodutivo de espécies em situação de risco populacional. Essa técnica tem um grande potencial para a conservação *ex situ*, pois, uma vez que os embriões sejam produzidos *in vitro*, eles podem ser transferidos para fêmeas doadoras ou criopreservados para posterior transferência de acordo com as possibilidades (DOMINGUES et al., 2011), permitindo que o material genético não só seja preservado, mas possibilitando trocas genéticas com maior eficiência e facilidade.

Em pesquisa realizada pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, a fertilização *in vitro* foi considerada uma técnica que traz uma grande esperança para espécies de felinos silvestres amazônicos ameaçados de extinção, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*) e o gato-do-mato (*L. tigrinus*). Em alguns exemplares destas espécies realizou-se a superovulação, retirando os óvulos e fecundando-os *in vitro*, sendo posteriormente implantados em uma “mãe-de-aluguel”. A técnica foi um sucesso, mas a taxa de nascimento foi considerada pequena (BOUERI, 2004).

3.5 Criopreservação de células e tecidos

A criopreservação é conservar gametas, embriões e células somáticas em botijões criogênicos, em nitrogênio líquido a 196°C, ou em sua fase de vapor a -150°C, em que o congelamento possibilita a manutenção dessas células, por um longo período, em condições viáveis de uso (WILSON, 1997).

A criopreservação de embriões de felídeos silvestres já é uma realidade, mas ainda não se apresenta como uma técnica de uso rotineiro. Isso certamente ocorrerá quando as técnicas de cultivo e congelamento de embriões *in vitro* estiverem mais avançadas (MICHELETTI et al., 2011), sendo a jaguatirica a principal espécie de escolha para utilização da técnica. Em 2011, três jaguatiricas foram inseminadas artificialmente por meio de sêmen congelado (criopreservação de gametas), que foi coletado de machos do Hospital Veterinário do Refúgio Biológico Bela Vista, de Itaipu-PR.

O Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN é o responsável pelo armazenamento de sêmen, embriões e ovócitos das espécies e/ou raças de animais domésticos em perigo de extinção do Brasil no Banco de Germoplasma Animal (BGA), localizado na Fazenda Experimental do Pará (MARIANTE et al., 2005). Neste local são criopreservados tecidos de animais amazônicos, como o tracajá, e conservados sêmen de peixes, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*).

4 | FERRAMENTAS BIOTECNOLÓGICAS NA CONSERVAÇÃO DA FLORA AMAZÔNICA

4.1 Bancos de germoplasma

Essa técnica baseia-se na coleta de amostras representativas de uma população e sua manutenção em bancos de germoplasma e/ou jardins botânicos, na forma de sementes, estacas, plantas inteiras, etc.

É um procedimento aplicado principalmente em plantas cultivadas que se reproduzem por sementes, as quais podem ser conservadas no frio durante longos períodos de tempo (a 5°C durante 20 a 30 anos; de -18°C a -20°C durante um século). No entanto, é importante ressaltar que a viabilidade das sementes decai com o tempo, sendo necessário periodicamente germiná-las, para que se desenvolvam novas plantas, trazendo a possibilidade de colher novas sementes (MALAJOVICH, 2012).

No bioma amazônico, muitas das espécies da flora não resistem à dessecação, a exemplo do cacau (*Theobroma cacao*), da seringa (*Hevea brasiliensis*) e outras 70% das árvores das florestas tropicais. Uma alternativa à conservação destas espécies é a formação de bancos de germoplasma, os quais também permitem a conservação de plantas de multiplicação vegetativa, como a mandioca (*Manihot esculenta*) e a batata (*Solanum tuberosum*).

Mesmo com limitações, pesquisas vêm sendo desenvolvidas na Amazônia brasileira. Gaia et al. (2010) desenvolveram um trabalho de coleta e avaliação de germoplasma da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*), planta com elevado teor de óleo essencial e que apresenta propriedades biológicas utilizáveis na agricultura e saúde humana. Os autores avaliaram seu germoplasma visando o melhoramento genético e cultivo econômico, concluindo que a espécie apresenta adaptação a diferentes ambientes com relação à vegetação, solo, clima, relevo e drenagem, facilitando o cultivo e domesticação.

4.2 Cultivo de células e tecidos vegetais

A cultura *in vitro* tem a vantagem de ser mais rápida e de ocupar menos espaço que a multiplicação *in vivo*. As principais aplicações estão no cultivo de plantas

ornamentais, de hortaliças e na silvicultura.

A importância das técnicas de cultura de células e tecidos vegetais está bastante relacionada à conservação do germoplasma, tanto das espécies cultivadas como das espécies selvagens. A conservação da biodiversidade é importante não só do ponto de vista do melhoramento agrônomo, mas também do farmacológico, já que a maioria dos medicamentos que dispomos contém princípios ativos extraídos de plantas (MALAJOVICH, 2012).

É importante ressaltar que esta tecnologia está amplamente difundida na América Latina, e representa o segundo produto mais comercializado da biotecnologia agrícola, com ampla difusão na olericultura, na hortifruticultura, na floricultura e na propagação de plantas ornamentais, assim como na produção de plantas de interesse industrial (cana, café) e de mudas de essências florestais para as indústrias de papel (MALAJOVICH, 2012).

4.3 Melhoria genética

O melhoramento de plantas é uma ferramenta biotecnológica que visa à modificação genética dos vegetais para torná-los mais úteis ao homem. Para Borém (2005), o melhoramento de plantas pode ser definido de forma clássica como a ciência ou a arte de modificar as plantas para o benefício humano.

Clement (2001) defende que o melhoramento genético é o principal processo de transformação de um componente da biodiversidade em um recurso genético e, finalmente, em um produto com valor econômico no mercado moderno. Este mesmo autor elaborou uma lista de espécies de fruteiras, principalmente da Amazônia, com grande potencial econômico a ser explorado pelo melhoramento genético, a exemplo do abacaxi (*Ananas comosus*), que é a fruteira nativa mais importante em nível mundial. A lista contém 13 espécies, e dela, somente a graviola (*Annona muricata*), o urucum (*Bixa orellana*), a pupunha (*Bactris gasipaes*), o maracujá (*Passiflora edulis*), o guaraná (*Paullinia cupana*) e o cubiu (*Solanum sessiliflorum*) estão recebendo alguma atenção da pesquisa. Ou seja, 54% das fruteiras domesticadas na Amazônia não estão recebendo a devida atenção. Para o autor do estudo, isto não é falta de potencial, pois todas têm mercados locais e regionais; é falta de imaginação empresarial e investimento na pesquisa e desenvolvimento.

4.4 Marcadores moleculares

A partir dos marcadores moleculares é possível gerar uma grande quantidade de informações sobre identidade genética, diversidade, frequência gênica, relacionamentos filogenéticos, mapeamento genético, seleção assistida, entre outras. Todas essas informações são de extrema importância para os programas de conservação, caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético

(FALEIRO; JUNQUEIRA, 2011).

Por isso, os marcadores moleculares são considerados ferramentas poderosas na geração de informações úteis em diferentes etapas, desde a coleta, caracterização e uso de recursos genéticos, passando por atividades de pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento, e suas aplicações podem ser direcionadas aos programas de conservação, caracterização e uso de germoplasma (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2011).

Alves (2002) desenvolveu um trabalho de caracterização e comparação da estrutura genética de sete populações de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), fruteira nativa da Amazônia brasileira, utilizando marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos. No estudo, foi observada alta variabilidade genética na espécie e divergência entre as populações, a qual foi mais acentuada entre as populações naturais em comparação com as populações do Banco de Germoplasma. A partir dos seus resultados, o autor indica, como estratégia de conservação *in situ*, a necessidade de definição de mais de um local para as coletas e para as reservas genéticas.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas diversas atividades humanas têm contribuído para a diminuição ou mesmo extinção de muitas espécies amazônicas, o que vem causando desequilíbrios ambientais, lacunas no conhecimento sobre quantas e quais espécies existem na região, e perda de recursos econômicos potencialmente exploráveis. Assim, tornou-se imperativa a busca de ferramentas que permitam a geração de melhor conhecimento sobre as espécies e, por consequência, o melhor uso e aproveitamento das suas potencialidades naturais.

O desenvolvimento da biotecnologia, sobretudo nos últimos anos, tem contribuído sobremaneira para isso. O uso de técnicas e ferramentas biotecnológicas como os marcadores moleculares, a inseminação artificial e a criopreservação de células e tecidos têm possibilitado melhor conhecer e aproveitar a megadiversa fauna e flora amazônica em diversas áreas de interesse, como a química de produtos naturais, a alimentação e saúde humana, e a produtividade vegetal e animal, fazendo com que um novo paradigma fosse instalado – a economia sendo trabalhada de maneira integrada e não conflituosa com a manutenção da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. M. **Caracterização genética de populações de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos.** 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

- ASSAD, A. L.; AUCÉLIO, J. G. **Biotecnologia no Brasil: recentes esforços**. In: DA SILVEIRA, J. M.; DAL POZ, M. E.; ASSAD, A. L. Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil. Campinas: Instituto de Economia/Finep, 2004. p. 33-51.
- AX, R. L.; DALLY, M. R.; DIDION, B.A.; LENZ, R. W.; LOVE, C. C.; VARNER, D. D.; HAFEZ, B.; BELLIN, M. E. **Artificial insemination**. In: HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. Reproduction in Farm Animals. 7th ed.. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 376-389.
- AYRES, J. M.; DA FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; QUEIROZ, H. L.; PINTO, L. P.; MASTERTON, D.; CAVALCANTI, R. B. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 256 p.
- AZEREDO-ESPIN, A. M. L. **O Código de Barras da Vida baseado no DNA “Barcoding of Life”**: Considerações e Perspectivas. 2005. Disponível em <www.cria.org.br/cgee/documentos/DNABarcoding_2005.doc>. Acesso em: 03 julho 2015.
- BORÉM, A. **A história da biotecnologia**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, Brasília, n. 34, p. 10-12, 2005.
- BOUERI, A. G. **Fecundação in-vitro pode salvar felinos silvestres**. 2004. Disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/zoologia/fecundacao-in-vitro-pode-salvar-felinos-silvestres>>. Acesso em: 10 junho 2015.
- BRASIL. **Biотecnologia Agropecuária**. Boletim Técnico. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 72 p.
- CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos & melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2001. p. 423-441.
- DOMINGUES, S. F. S.; LIMA, J. S., OLIVEIRA, K. G.; SANTOS, R. R. **Biотecnologias de reprodução como uma estratégia complementar à conservação in situ de primatas neotropicais ameaçados de extinção: perspectivas e desafios**. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v. 35, n. 2, p. 124-129, 2011.
- FALEIRO, F. G. **Marcadores Genético-Moleculares aplicados a programa de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 102 p.
- FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Recursos genéticos: conservação, caracterização e uso**. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; JUNIOR, F. B. R. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. p. 513-551.
- FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Fundamentos de genética da conservação**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2008. 280 p.
- GAIA, J. M. D.; MOTA, M. G. C.; CONCEIÇÃO, C. C. C.; MAIA, J. G. S. **Collecting and evaluation of germplasm of spiked pepper from Brazilian Amazon**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 28, n. 2, p. 162-167, 2010.
- HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A; BALL, SL; DE WAARD, J. R. **Biological identifications through DNA barcodes**. Proceedings of the Royal Society of London, London, v. 270, p. 313-322, 2003.
- HRBEK, T.; SILVA, V. M. F.; DUTRA, N.; GRAVENA, W.; MARTIN, A. R.; FARIAS, I. P. **A New Species of River Dolphin from Brazil or: How Little Do We Know Our Biodiversity**. Plos One, San Francisco, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2014.
- HUERGO, G. P. C. M. **Estimativa da diversidade genética da piraíba (*Brachyplatystoma***

***filamentosum* Lichtenstein, 1819) e da piraíba negra (*Brachyplatystoma capapretum* Lundberg e Akama, 2005), na Amazônia Brasileira, inferidas por meio do DNA mitocondrial: subsídios para manejo e conservação.** 2010. 116f. Tese (doutorado). INPA, Manaus, 2010.

ICMBIO. **Parceria gera ararinha-azul por inseminação artificial.** 2013. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/porta1/comunicacao/noticias/20-geral/4034-parceria-gera-ararinha-azul-proveniente-de-inseminacao-artificial.html>>. Acesso em: 08 junho 2015.

LEWINSOHN, T. M. (Ed.). **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira.** Brasília: MMA, 2006. 520 p.

MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; DRUMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 1420 p.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia 2011.** Rio de Janeiro: Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012. 304 p.

MARIANTE, A. S.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; EGITO, A. A.; PAIVA, S. R.; CASTRO, S. T. R. **Conservação de raças brasileiras ameaçadas de extinção e a importância de sua inserção em sistemas de produção.** Agrocência, Brasília, v. 9, n. 2 e 3, p. 459-464, 2005.

MICHELETTI, T.; CUBAS, Z. S.; MORAES, W. ; OLIVEIRA, M. J.; KOZICKI, L. E.; WEISS, R. R.; MOREIRA, N. **Reprodução assistida em felídeos selvagens – uma revisão.** Revista Brasileira Reprodução Animal, Belo Horizonte, v. 35, n. 4, p. 408-417, 2011.

ODALIA-RÍMOLI, A.; ARRUDA, E. J.; RÍMOLI, J.; BUENO, N. R.; DA COSTA, R. B. **Biodiversidade, Biotecnologia e Conservação Genética em Desenvolvimento Local.** Interações, Campo Grande, v. 1, n. 1, p. 21-30, 2000.

PERES, C. A. **Por que precisamos de megareservas na Amazônia.** Megadiversidade, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 174-180, 2005.

RATNASINGHAM, S.; HEBERT, P. D. N. **Bold: The barcode of life data system.** Molecular Ecology Notes, Malden, v. 7, p. 355-364, 2007.

SILVA, C. S.; COSTA, M. R. T.; FORTES, A. C. R.; MARQUES, L. C.; AGUIAR, J. F.; MARQUES, J. R. F. **Variabilidade genética em muçã utilizando marcadores moleculares RAPD.** Revista de Ciências Agrárias, Belém, v. 3, n. 54, p. 307-313, 2011.

SOUZA, C. P. A.; AMORIM, A. P. S.; ALVES J. J.; TCHAICKA, L. **Código de Barras de DNA: uma atividade para entender a identificação de espécies.** Genética na Escola, Ribeirão Preto, v. 10, n. 1, p. 20-27, 2015.

WILSON, E. O. **Biodiversidade.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 657 p.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Profa. Dra. Magnólia de Araújo Campos - Possui graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (1989), com Mestrado em Agronomia/Fitomelhoramento pela Universidade Federal de Pelotas (1995) e Doutorado em Ciências Biológicas/Biologia Molecular pela Universidade de Brasília (2002). Pós-Doutorado em Genômica pelo Centro de Citricultura Sylvio Moreira, IAC, Brasil. (2003-2005) e Genética Molecular e de Microorganismos pela Universidade Federal de Lavras (2005-2008). Desde maio de 2008 é Professora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde coordenou a Criação e do Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos no Centro de Desenvolvimento do Semiárido (CDSA, Campus de Sumé). Atualmente desenvolve atividades no Centro de Educação e Saúde (CES, Campus Cuité), onde é Coordenadora da Criação e do Curso de Mestrado Acadêmico em Ciências Naturais e Biotecnologia do CES/UFCG. É Coordenadora do Laboratório de Biotecnologia do CES e do Grupo de Pesquisa Biotecnologia Aplicada ao Semiárido. Tem experiência em Cultura de Tecidos Vegetais, Transgenia de Plantas, Marcadores Moleculares, Bioinformática, Genômica, Expressão Heteróloga *in vitro* de Proteínas Antimicrobianas, Biologia Molecular Vegetal e de Microorganismos. É editora acadêmica da editora internacional de livros científicos IntechOpen.

Prof. Dr. Rafael Trindade Maia - Possui Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2005), mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2008) e doutorado em Biologia Animal pela Universidade Federal de Pernambuco (2013). Atualmente é professor do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tem experiência com genética de populações, bioinformática, docking molecular, modelagem e dinâmica molecular de proteínas. Atua na área de ensino de ciências e biologia. Lidera os grupos de pesquisa Biologia Computacional e Teórica (BCT) e Ensino de Ciências e Biologia (ECB). É editor acadêmico do periódico Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering e da editora internacional de livros científicos IntechOpen.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônia 1, 3, 30, 31, 32, 39, 40, 41, 49, 59, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 97

Aspectos reprodutivos 1, 2, 3

Atenuante 59

B

Balu 50, 51, 53, 54, 55, 56

Biodiversidade 38, 48, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 87

Biometria 30, 37

Biotécnica 71

Biotecnologia 22, 30, 39, 71, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 97

C

Caprinos nativos 88, 89, 90, 91, 92

Caracteres 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 28, 35, 43, 46, 53, 57

Caracterização polínica 1, 2

Conservação 3, 10, 25, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 94, 95, 97

Criopreservação de gametas 71, 72, 82

Cupuaçuzeiro 1, 2, 3, 11, 85

D

Déficit hídrico 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 64

Descritores morfológicos 12, 13

Distância genética 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 31, 34, 45

Divergência genética 15, 17, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 46, 47, 48, 49

Down 50, 51, 53, 54, 55, 56

E

Estresse 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 67, 73

Estresse hídrico 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 64, 65

G

Gestação assistida 71

H

Híbridos 25, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 41, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 56

I

Índice meiótico 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10

L

Landraces 24

M

Mahalanobis 15, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 45, 46, 48

Melhoramento de plantas 23, 24, 32, 84, 85

Microssatélites 12, 15, 19, 20, 81, 85, 89, 92, 94, 96

Milho 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 66, 68

Milho crioulo 23, 25, 26, 28, 29

N

Nitrogênio 32, 36, 38, 40, 41, 48, 49, 58, 62, 64, 66, 72, 74, 82

P

Produtividade 3, 8, 10, 23, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 52, 53, 56, 57, 59, 62, 63, 67, 78, 85, 90

Proteção de cultivares 12, 13, 14, 21

S

Seleção de híbrido 50

Silício 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70

T

Theobroma grandiflorum 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 85

Trigo 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 65, 66

Triticum aestivum 12, 13, 22

U

Uso sustentável 78, 79

V

Variabilidade 5, 21, 26, 28, 30, 31, 33, 36, 38, 40, 49, 81, 85, 87, 89, 91, 93, 94, 95

Variabilidade genética 21, 28, 31, 33, 38, 49, 81, 85, 87, 89, 94, 95

Viabilidade polínica 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 21, 22

Z

Zea mays 24, 29, 37, 40, 58

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-719-2



9 788572 477192