LUMEN ET VIRTUS

Conservação genética de populações de melhoramento: Revisão de literatura sob a ótica das espécies do bioma Cerrado

https://doi.org/10.56238/levv15n39-097

Marcos Antônio Negreiros Dias
Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais
Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1964-620X

Guilherme de Miranda Fernandes Reis
Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais
Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-0151-32737

Ludmilla Morais Pereira
Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais
Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9684-3288

Ana Debora Ribeiro Cardoso Gusmão
Doutoranda em Produção Vegetal
Universidade Federal do Tocantins – Campus Gurupi
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3864-1164

Iêdes Dias de Sousa
Especialista em Gestão Pública
Centro Universitário UNITOP

André Ferreira dos Santos
Doutor em Agronomia
Universidade Federal do Tocantins
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0449-5111

RESUMO
Este trabalho aborda a Conservação Genética de Populações de Melhoramento, focando especificamente nas espécies do bioma Cerrado. Utilizando uma abordagem qualitativa e baseando-se em referências teóricas, a pesquisa examinou os principais conceitos relacionados à conservação genética florestal, variabilidade genética, métodos de conservação e os desafios enfrentados nesse contexto. A metodologia empregada envolveu uma revisão bibliográfica detalhada e uma análise crítica das informações coletadas nos últimos anos. Destacaram-se os esforços e os casos de conservação genética de algumas espécies do cerrado, apesar da escassez de estudos nesse campo. A discussão levantou a necessidade urgente de mais pesquisas e ações voltadas para a conservação e o melhoramento das espécies do bioma cerrado, dada sua importância para a biodiversidade e sua relevância para a manutenção dos ecossistemas naturais. O estudo também abordou as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de conservação genética, bem como as tendências futuras nessa

área. Em suma, o trabalho oferece uma visão abrangente sobre a conservação genética das espécies do cerrado, destacando a importância de sua preservação para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar.

Palavras-chave: Agroflorestal, Biomarcadores, Cerrado, Melhoramento Genético.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é uma das lideranças mundiais na biodiversidade de espécies arbóreas, destacando-se pelo seu patrimônio de aproximadamente 15 a 20% de todas as espécies mundiais (BRASIL, 2022; ASSIS, DOBROVOLSKI E BORGES, 2021).

Todavia, conforme coloca Peixoto e Vilella (2018) que frente aos desafios socioeconômicos e ambientais enfrentados pelas espécies florestais brasileiras, o uso da biotecnologia para a conservação e melhoramento genético das populações de espécies arbóreas é indispensável e hodierno, pois contribui para a manutenção e melhoria das espécies. Principalmente, devido ao fato de o Brasil ser signatário da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), em que se responsabiliza por preservar e utilizar de forma sustentável o património genético das espécies biológicas existentes no meio ambiente nacional (SÁ E NAVES, 2023; BALLESTEROS-MEJIA, LIMA E COLLEVATTI, 2020).

Desta forma, o futuro das populações de espécies arbóreas dos biomas brasileiros tem sido objeto de estudo da conservação de recursos genéticos, visto os desafios ambientais, econômicos e sociais, que diretamente influenciam na conservação genética das diversas espécies dos vários biomas brasileiros, em particular, o cerrado (PEIXOTO e VILELLA, 2018; ASSIS, DOBROVOLSKI E BORGES, 2021).

Nesse aspecto, conforme os autores Assis, Dobrovolski e Borges (2021) o bioma cerrado tem sofrido uma devastação com os inúmeros fatores socioeconômicos e ambientais, ou seja, pelas mudanças climáticas, expansão da pecuária e da agricultura, que coloca em risco a biodiversidade nativa, em especial, as espécies arbóreas endêmicas, causado risco de extinção, de diminuição das populações de espécies florestais deste bioma que representa aproximadamente 5% das espécies do bioma mundial.

Diante desse cenário, questiona-se, em decorrência do aumento do desmatamento no cerrado, fator de risco à existência de espécies nativas, se a diversidade florestal do cerrado tem sido priorizada pela conservação genética de populações de melhoramento florestal?

O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sob os aspectos teóricos a respeito da conservação genética de populações de melhoramento florestal, com enfoque nas espécies florestais do bioma cerrado.

Ao longo da revisão bibliográfica busca-se compreender os aspectos teóricos da conservação genética, revisando os conceitos atuais. Ademais, será realizado um apanhado teórico sobre população de melhoramento, variabilidade genética, pressões seletivas e deriva genética, institutos teóricos utilizados na conservação genética. Além disso, busca-se-á entender sobre os principais métodos empregados na conservação genética, analisando suas vantagens e desvantagens. Por fim, discutir os desafios e tendências na conservação genética, de forma interdisciplinar com as espécies do bioma cerrado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Na pesquisa sobre conservação genética de populações de melhoramento florestal, com enfoque nas espécies do cerrado, os procedimentos metodológicos foram baseados na revisão de literatura, com enfoque na pesquisa bibliográfica, através das pesquisas relevantes em artigos científicos, livros, revistas e sites acadêmicos (MATTAR E RAMOS, 2021).

No mesmo aspecto, Mattar e Ramos (2021) colocam que a revisão bibliográfica é uma etapa crucial na pesquisa científica, pois proporciona uma análise mais abrangente e atualizada do conhecimento existente sobre o respectivo tema. Portanto, nos últimos cinco anos, as abordagens e métodos para conduzir revisões bibliográficas evoluíram, refletindo avanços nas tecnologias de informação e comunicação, bem como mudanças nas práticas de conservação genéticas de populações florestais nativas do cerrado. Neste estudo, foram abordados os materiais e métodos mais relevantes empregados em revisões bibliográficas recentes.

Corroborando Marconi e Lakatos (2017) colocam que com o avanço da internet, as fontes de informação tornaram-se mais acessíveis e diversificadas. Além das tradicionais bases de dados acadêmicas, como o Scopus, plataformas online, repositórios institucionais e redes sociais acadêmicas desempenham um papel significativo por artigos, teses, e outros documentos relevantes.

Nesse sentido a busca da pesquisa foi realizada por meio das plataformas digitais Portal periódicos da Capes, Google Acadêmico e outras, pois as ferramentas de busca, foram auxiliadas com os avanços e acesso da internet, como Google Acadêmico, ambos foram amplamente utilizados para encontrar os artigos científicos, enquanto ferramentas de gerenciamento de referências, como o EndNote e o Zotero, auxiliam na organização e seleção de materiais pertinentes (MATTAR E RAMOS, 2021).

Em síntese, o material e os métodos desta revisão bibliográfica foram baseados nos últimos cinco anos, onde refletem uma adaptação às tecnologias emergentes, enfatizando a importância da abordagem sistemática, da diversificação de fontes e do uso eficiente de ferramentas digitais. Essa evolução continua a promover a qualidade e a relevância das revisões bibliográficas como base para o avanço do conhecimento científico.

3 ASPECTOS TEÓRICOS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA

3.1 CONSERVAÇÃO GENÉTICA FLORESTAL

As mudanças ambientais resultantes de fenômenos da natureza, bem como de ações antrópicas, têm causado preocupação em cientistas e estudiosos sobre a preservação e conservação da genética das espécies florestais. Mas o que seria a Conservação Genética? Nas palavras de Costa (2018) a conservação genética é o ramo da ciência que produz conhecimento com o objetivo de preservar espécies aptas a adaptação genética aos fenômenos ambientais, com a utilização de métodos e técnicas

genéticas sistematizadas, com o intuito de minimizar a possibilidade de extinção. Isso porque, as espécies possuem uma variabilidade genética em meio às populações e subpopulações (SILVA, et al., 2023).

Nesse sentido, percebe-se que a conservação genética florestal visa preservar o material genético de espécies com potencial para o melhoramento florestal e para o uso da biotecnologia, utilizando-se dos métodos de conservação existentes, seja i*n situ* ou *ex situ* (SILVA, et al., 2023).

Para Sá e Naves (2023) a conservação genética é em sua essência uma estratégia e preocupação mundial para assegurar a conservação do banco genético de espécies, com o intuito de preservar e manter espécies perdidas nos seus habitats naturais e centros de diversidades.

Desta forma, a conservação genética é um mecanismo salutar para a preservação das espécies florestais, em especial, do bioma cerrado, que tem sido alvo de ações antrópicas que tem colocado em risco a diversidade de espécies arbóreas essenciais para a vida da diversidade nesse bioma.

3.2 POPULAÇÕES DE MELHORAMENTO E SUA IMPORTÂNCIA

A conservação genética de populações é a área científica que requer um objeto de pesquisa de forma sistematizada. Nesse aspecto, a pesquisa sobre conservação genética requer o trabalho com um germoplasma-base, com ampla variabilidade genética, logo requer uma população de melhoramento (DE RESENDE E ALVES, 2021).

Segundo os autores De Resende e Alves (2021) população de melhoramento é o conjunto de indivíduos, subpopulação, de uma espécie florestal que representa um quantitativo efetivo de parcela de indivíduos, de forma que mantenham a variabilidade genética da população original, visando a conservação e o melhoramento (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

A população de melhoramento é salutar, pois é por meio dela que se busca um melhoramento a longo período, ou seja, com o tempo ocorre o aumento contínuo da presença de alelos benéficos, a partir de ciclos seletivos, o que pode resultar no ganho e manutenção do tamanho da população adequada (DE RESENDE E ALVES, 2021).

3.3 VARIABILIDADE GENÉTICA, PRESSÕES SELETIVAS E DERIVA GENÉTICA

A variabilidade genética das espécies florestais desempenha um papel crucial na adaptação e na manutenção da diversidade biológica, além de ser vital para a sustentabilidade dos ecossistemas e para o bem-estar humano. Portanto, sua conservação é de suma importância para garantir a resiliência e a saúde dos ecossistemas florestais (JULLIEN et al., 2019). Ainda segundo a autora, o fluxo gênico é uma força evolutiva que permite a troca de alelos, aumentando assim a diversidade genética.

O sistema reprodutivo desempenha um importante papel na diversidade genética, pois a autofecundação limita a dispersão do pólen e das sementes e o potencial de recombinação entre alelos

de diferentes indivíduos, ao contrário do cruzamento. Como resultado, espera-se que as espécies cruzadas preservem mais a diversidade genética do que as espécies autógamas (JULLIEN et al., 2019; SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

A heterozigosidade é um dos parâmetros da diversidade genética. Enquanto o fluxo gênico aumenta a diversidade genética ao permitir a troca de alelos entre populações (SMITH et al., 2020), a autofecundação pode levar à perda de variabilidade genética ao longo do tempo, pois não há mistura de genes entre diferentes indivíduos. Isso torna as populações mais suscetíveis às doenças, estresses ambientais e mudanças nas condições do ambiente. Além disso, pode levar à acumulação de mutações deletérias e à expressão de características recessivas prejudiciais.

Ademais, no tocante às pressões seletivas e deriva genética, verifica-se que decorrem da mutação e recombinação genética entre membros de uma população, que resulta na aquisição ou supressão de características que leva a espécie a se adaptar a condições ecológicas e a sobreviverem às mudanças ambientais. Assim, pode ocorrer a deriva genética devido à redução ou desaparecimento de material genético existentes em indivíduos que deixam de existir (SMITH et al., 2020; SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

Portanto, tais conceitos devem ser empregados na análise das alterações genéticas das espécies florestais existentes no cerrado, visto que com a fragmentação do bioma, muitos alelos raros existentes em certos indivíduos podem deixar de existir, comprometendo a conservação das espécies nativas do cerrado.

4 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA

4.1 MÉTODOS TRADICIONAIS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA

A conservação da diversidade genética de plantas e animais é um aspecto fundamental para garantir a resiliência e a sustentabilidade dos ecossistemas ao longo do tempo. Nesse sentido, ao longo dos anos, uma série de métodos tradicionais foram desenvolvidos para preservar essa diversidade genética, abrangendo desde o armazenamento de sementes até a proteção de habitats naturais (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023). Este artigo explora alguns desses métodos e sua importância na manutenção da biodiversidade e no fornecimento de recursos genéticos valiosos para diversas áreas, como agricultura, medicina e pesquisa científica.

Entre os métodos discutidos estão os bancos de sementes e de germoplasma, coleções *ex situ*, criação de reservas naturais, programas de melhoramento genético e conservação *in situ* (MOLONEY et al. 2023). O entendimento e a aplicação dessas estratégias desempenham um papel crucial na preservação da diversidade biológica e na garantia de um futuro sustentável para as próximas gerações.

O banco de sementes sob a copa das árvores foi constituído por espécies de forma de vida e síndrome de dispersão diversificadas, sendo determinantes para dinâmica sucessional (MORAES et

al. 2020). Além disso, é considerado o conjunto de todas as sementes viáveis no solo e pode ser composto, tanto por sementes das espécies presentes na vegetação local, quanto por espécies que estejam presentes nas áreas vizinhas, que chegam através da chuva de sementes (CAPELLESSO et al. 2015, OLIVEIRA et al. 2018).

A situação de conservação da espécie aplica-se devido às mudanças climáticas e as ações antrópicas que vêm causando forte erosão genética das espécies em suas zonas de dispersão, o que justifica a prospecção e coleta de germoplasma para introdução de novos acessos nos bancos de germoplasma e estabelecimento de coleções de trabalho (CORADIN et al. 2022). A conservação *ex situ* é uma estratégia de preservação da biodiversidade que envolve a manutenção e cuidado de organismos vivos fora de seus habitats naturais. Essa abordagem é fundamental para proteger espécies ameaçadas de extinção, bem como para preservar a diversidade genética de plantas e animais (DINIZ-FILHO, 2020)..

Deste modo, a conservação da variabilidade de plantas em câmaras de conservação *ex situ* adquire, assim, relevância não apenas como base para os programas de melhoramento, que buscam alto desempenho e maior produtividade, como também constitui uma questão de segurança alimentar e garantia da contínua utilização das espécies vegetais mais importantes para a alimentação humana (SANTONIERI et al. 2016; SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

A ideia de conservação da natureza, para criação de reservas naturais, tem requerido pensar a manutenção de áreas naturais com pouca ou nenhuma alteração antrópica (BRANDÃO et al. 2021). Uma das alternativas para a conservação foi a criação de Unidades de Conservação (UC), ou áreas territoriais legalmente protegidas, com o intuito de resguardar a biodiversidade e os recursos naturais (GALVÃO, 2018).

A importância da conservação da natureza através da criação de reservas naturais e Unidades de Conservação (UC), como estratégias para proteger e propagar a biodiversidade, conservando o material genético e os recursos naturais. É fundamental reconhecer que a manutenção de áreas com pouca ou nenhuma interferência humana é crucial para preservar ecossistemas saudáveis e funcionais. As UCs desempenham um papel crucial na proteção da flora e fauna, além de promover a conscientização sobre a importância da conservação ambiental. No entanto, é importante não apenas estabelecer essas áreas protegidas, mas também garantir uma gestão eficaz e sustentável para garantir sua eficácia a longo prazo (BALLESTEROS-MEJIA, LIMA E COLLEVATTI, 2020).

O desenvolvimento do agronegócio brasileiro trouxe grandes transformações e avanços na estrutura produtiva e tecnológica, promovendo um processo de inovação em parte do país (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2020; SANTOS et al., 2017). Por exemplo, o melhoramento do caju (A. *occidentale* L.) solucionou o caso da altura e produtividade da planta, a baixa estatura ajuda no manejo do pomar: poda, controle de pragas e colheita, gerando aumento substancial na produção de castanhas no CE, PI

e RN (QUEIROZ et al., 2012). No geral, o melhoramento genético desempenha um papel crucial na promoção da segurança alimentar, na adaptação às mudanças ambientais e na sustentabilidade da agricultura, garantindo que as plantas possam prosperar e fornecer alimentos.

Já a conservação *in situ* refere-se à conservação de espécies e habitats em seu ambiente natural, ou seja, onde eles são encontrados na natureza (ESLABÃO et al., 2022). Esse termo é frequentemente usado em contraste com "conservação *ex situ*", que envolve a remoção de espécimes de seu ambiente natural para serem mantidos e protegidos em instalações controladas, como zoológico, jardins botânicos ou bancos de germoplasma. O método de conservação *in situ*, visa proteger ecossistemas inteiros, populações selvagens e habitats naturais, garantindo que eles continuem a existir em seu ambiente original. Isso pode envolver uma variedade de estratégias, como a criação e gestão de áreas protegidas, a implementação de regulamentações para proteger espécies ameaçadas e seus habitats, o manejo sustentável de recursos naturais e o envolvimento das comunidades locais na conservação.

Resta claro, que o métodos tradicionais são meios viáveis a serem aplicados na conservação genética das populações do cerrado brasileiro, como uma forma de assegurar a preservação. Entretanto, observa-se que outros métodos estão sendo aplicados atualmente na conservação de espécies florestais.

4.2 MÉTODOS DE TÉCNICA MODERNAS: BANCOS DE GERMOPLASMA, CONSERVAÇÃO *IN SITU, EX SITU E ON FARM*

A conservação genética de espécies florestais tem buscado por meio de estudos científicos métodos que assegurem a existência de espécies, tendo em vista os fenômenos naturais e as ações antrópicas que ameaçam a existência de espécies no meio ambiente brasileiro, dentre estes, o bioma Cerrado (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023). Nesse sentido alguns métodos se destacam no processo de conservação de espécies.

Segundo Moloney et al (2023) o banco de germoplasma é uma técnica dentro do método *ex situ*, em que espécimes orgânicos são mantidas e conservadas em meio artificial, todavia sob o controle e a supervisão do homem, buscando nesse processo controlar umidade do ambiente e sua temperatura, dando maior viabilidade as sementes, por longo período. Por meio do banco de germoplasma, os estudiosos têm acesso à variedade genética de diversas espécies, podendo conservar seu conjunto hereditário ou realizar pesquisa de modificação e melhoramento genético, de forma a torná-las mais resistentes às mudanças ambientais. (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023)

No tocante ao método de conservação *in situ*, de acordo com Moloney (2023) pode-se dizer que é a forma de conservação genética de determinadas espécies arbóreas no seu habitat natural, de forma que a conservação da cadeia genética seja conservada de forma natural, em um ambiente que proporcione o contato com a terra, água e a diversidade biológica existente (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

Desta forma, a conservação *in situ* se efetiva por meio de estratégias e políticas de proteção, dentre estas, estão as áreas legalmente protegidas, ou seja, as Unidades de Conservação, conforme previstas na Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (HOBAN, et al., 2020).

Por fim, e não menos importante, tem-se o método *on farm*, que segundo Salgogra e Chauhan (2023) é o método tradicional em que os fazendeiros ou produtores conservam as espécies ou sementes em suas propriedades, tem um papel ímpar na conservação de espécies, visto que conservam e mantém as espécies no seu habitat e em contato com a biodiversidade. A conservação *on farm* ajuda na conservação genética das espécies, contribuindo num processo preservação das espécies, e contribuindo na perpetuação genética das espécies e garantido um patrimônio natural para as gerações futuras.

5 DESAFIOS E TENDÊNCIAS NA CONSERVAÇÃO GENÉTICA DAS ESPÉCIES DO CERRADO

5.1 ESTUDOS COM ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO

A conservação genética das espécies florestais é uma das alternativas para tentar minimizar a perda do conteúdo hereditário das espécies arbóreas (LEMES, DE ANDRADE E LOYOLA, 2020). Todavia, no cerrado, com o avanço da agricultura e da pecuária, a sociedade cobra um desenvolvimento sustentável, o que dificulta a introdução de políticas ambientais mais efetivas no sistema econômico, pois não basta apenas a criação de legislação, pois sem políticas públicas de aplicabilidade, bem como da falta de projetos da iniciativa privada para a preservação das espécies, o problema da fragmentação das populações e a perda genética tende a aumentar (COSTA E MELO, 2020).

Segundo Medeiros et al (2022) verifica-se que o estudo de conservação voltados para o cerrado e suas espécies foram desenvolvidos por poucos grupos, restringindo ao cerrado *stricto sensu* e matas ciliares. Ademais, ressalta que espécies de vegetais do bioma cerrado em projetos de conservação e restauração são negligenciadas, sendo desconsiderado as características originais, o crescimento, enfim, não existe um método sistematizado para avaliar resultados.

Corroborando Ballesteros-Mejia, Lima e Collevatti (2020) afirmam que o bioma do cerrado brasileiro em virtude do uso inadequado do solo apresenta uma depressão de fragmentação dos habitats, chegando a 39% da sua cobertura, em virtude da crescente da agricultura e pecuária. Assim, isso pode ocasionar a perda genética de várias espécies úteis para a conservação e melhoramento genético. Portanto, a falta de estudos científicos da genética e da ecologia do cerrado fortalece a evidência de descrever padrões sobre o estudo da diversidade genética do cerrado.

Outrossim, apesar do pouco estudo sobre a conservação genética das espécies do cerrado, a universidade tem se destacado na pesquisa de conservação genética de espécies deste bioma brasileiro,

que apesar de ser o segundo maior bioma brasileiro, encontra-se ameaçado frente aos avanços de ações antrópicas do homem. (ASSIS, DOBROVOLSKI E BORGES, 2021).

Dentre os poucos estudos a respeito da conservação genética das espécies do cerrado, Chave (2018) coloca que pesquisa realizada pela universidade federal de Goiás se destaca, para formação de banco genéticos, visando o melhoramento e a preservação genética de espécies como: Baru, Cagaita e Jatobá-do-Cerrado.

Ademais, estudos foram desenvolvidos com o fim de conservar e melhorar as espécies do Cerrado, pois a variabilidade genética da espécie do cerrado é essencial para a sobrevivência e adaptação às mudanças ambientais e socioeconômicas que ameaçam o bioma (RIBEIRO E RODRIGUES, 2006; COLLI, VIEIRA E DIANESE, 2020). Dentre os estudos destacam-se: Estudo com Araticum (*Anmona crassiflora* Mart.) que foi desenvolvido visando sua conservação e melhoramento, pois tem potencial para a ornamentação e valor medicinal. Outra espécie estudada é o Baru *(Ipteryx alta* Vog.*)* que tem sido pesquisada pois tem seu valor na alimentação e na indústria farmacêutica. Outra espécie estudada é o Cajuí (*Anacardium* spp.) , fruto muito utilizado na alimentação das espécies do cerrado e da população, tendo enorme potencial industrial. (GOMES et al, 2021). A Cagaita (*E. Dysenterica*) foi estudada em virtude de sua estrutura genética populacional, bem como em virtude do seu potencial na produção agrícola. O Ipê-Roxo (*Tabebuia Impetiginosa*) teve estudo para análise genômica visando a preservação e o manejo sustentável. O Jatobá-do-Cerrado (H. stigonocarpa) foi estudado em virtude do seu potencial alimentício e da qualidade de sua madeira, o que fornece importantes informações para os programas de conservação. O Jenipapo (*G. americana*) foi estudado para análise dos níveis de heterozigosidade e o processo reprodutivo. O Pequi (*Caryicar brasiliense* Camb.*)* foi estudado visando seu melhoramento genético em virtude de ser uma frutífera importante na alimentação (RIBEIRO E RODRIGUES, 2006).

5.2 NOVAS TECNOLOGIAS DA CONSERVAÇÃO GENÉTICA

No país, cerca de 50% dos estabelecimentos da agricultura familiar concentram-se no Nordeste, com ampla maioria situada na região de clima semiárido; o restante percentual corresponde a 19% no Sul, 16% no Sudeste, 10% no Norte e 5% no Centro-Oeste (MASSRUHÁ et al. 2020). Segundo Silva et al. (2019), o setor agrícola no Nordeste não se comporta de maneira homogênea, ou seja, os agricultores situados no semiárido, deparam-se com condições geográficas, culturais e socioeconômicas distintas, que devem ser levadas em consideração quanto às características de produtividade de cada espécie e sua eficiência tecnológica.

A adaptabilidade de genótipos de feijão comum, por exemplo, é específica para cada região, traz uma série de benefícios ao agricultor, uma vez que nem todas as cultivares respondem bem, em todas as regiões, em virtude das condições ambientais locais, tais como a temperatura, humidade e

principalmente o fotoperíodo, que interferem no desenvolvimento da cultura, reduzindo de forma significativa a sua produtividade (HIOLANDA et al. 2018).

Assim, todos os tipos de plantas devem ser submetidos a experimentos em campos de cultivo em diversas regiões, com o objetivo de identificar quais são os mais adequados e que apresentam melhor rendimento em cada localidade.

Vários melhoristas têm adotado as ferramentas de marcadores moleculares para auxiliar nos trabalhos de melhoramento, em especial para caracterização de germoplasma, seleção assistida, identificação de acessos com tolerância a estresses bióticos e abióticos, em que os resultados têm sido um grande contribuinte no avanço dos trabalhos de melhoramento de várias culturas (SANTOS et al. 2013). Para Leal et al. (2010), os marcadores moleculares RAPD e SSR estão entre os mais utilizados para determinação da divergência genética.

A técnica do polimorfismo de DNA amplificado ao acaso (RAPD) é de baixo custo e fácil execução onde ela consiste de iniciadores arbitrários e não dependem do sequenciamento prévio do genoma da espécie na qual vai ser aplicado (DUTRA FILHO et al. 2013). Assim, percebemos que a principal vantagem dessa técnica é a rapidez e facilidade de execução na obtenção dos resultados. Para Dutra et al. (2013) os iniciadores EST'S SSR são uma classe funcional de marcadores moleculares baseados em sequências simples repetidas. Estão ligados a *locos* que determinam características de interesse, apresentam o caráter co-dominante, podendo diferenciar os homozigotos dos heterozigotos formando *locos* genéticos altamente polimórficos (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

No entanto, a utilização conjunta destes dois tipos de marcadores cada um amplificando, quanto ao seu potencial, regiões específicas, contribuirá para uma maior cobertura do genoma e também para maior consistência nos resultados relativos à similaridade ou divergência genética interpopulacional (Dutra et al. 2013).

A tecnologia desempenha um papel fundamental na conservação genética por diversas razões. Primeiramente, permite o armazenamento eficiente e a longo prazo do material genético em bancos de germoplasma, preservando a diversidade genética e garantindo a segurança alimentar e a biodiversidade futuras. Além disso, a tecnologia facilita a seleção de características desejáveis em plantas e animais através da identificação e uso de marcadores genéticos, acelerando programas de melhoramento genético e adaptando variedades a condições ambientais adversas. Tecnologias de reprodução assistida são essenciais para conservar e propagar geneticamente animais e plantas de alto valor genético ou ameaçados de extinção, contribuindo para a conservação de espécies em risco e a recuperação de populações selvagens. Para isso, as técnicas de edição de genes oferecem novas possibilidades, permitindo a modificação precisa do material genético para corrigir defeitos genéticos, desenvolver resistência a pragas e doenças, ou adaptar organismos às mudanças climáticas. Por fim, ferramentas bioinformáticas e tecnologias de sequenciamento de DNA permitem o monitoramento

detalhado da diversidade genética, sendo essencial para entender a estrutura genética das populações e guiar estratégias de conservação (SALGOGRA E CHAUHAR, 2023).

Embora as técnicas de melhoramento genético ofereçam inúmeras vantagens, é importante reconhecer que também apresentam desvantagens significativas, como a potencial perda de diversidade genética e a homogeneização das populações, o que pode aumentar a vulnerabilidade a pragas e doenças (SALGOGRA E CHAUHAN, 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a conservação genética de populações de melhoramento é crucial para garantir a diversidade genética e a resiliência das culturas agrícolas e florestais diante de desafios ambientais, pragas e doenças.

Ademais, verificou-se que ao preservar e proteger variedades de plantas adaptadas a diferentes condições climáticas e ambientes, podemos manter a segurança alimentar e promover a sustentabilidade agrícola e florestal a longo prazo. Além disso, a conservação genética é essencial para permitir futuros programas de melhoramento, fornecendo um reservatório de genes valiosos para a criação de novas variedades com características desejáveis, como resistência a doenças, tolerância a estresses ambientais e maior produtividade.

Outrossim, constatou-se que a conservação genética das espécies florestais do cerrado não tem sido prioridade para o estudo da conservação no Brasil, mesmo diante de 39% deste bioma ter sido consumido pela ação antrópica, com perdas genéticas florestais irreparáveis.

Destarte, ficou claro que estudos pontuais foram realizados em algumas espécies nativas do cerrado. Tendo se destacado as universidades que têm capitaneado as pesquisas na conservação das espécies do bioma.

Portanto, o estudo demonstrou a necessidade urgente de mais pesquisas e ações voltadas para a conservação e o melhoramento das espécies do bioma cerrado, dada sua importância para a biodiversidade e sua relevância para a manutenção dos ecossistemas naturais.

Além disso, investir na conservação genética de populações de melhoramento é fundamental para garantir a segurança alimentar global e promover a sustentabilidade agrícola em um mundo em constante mudança.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Flora de Lima. DOBROVOLSKI, Ricardo. BORGES, Paloma Ponchet. O impacto da Destruição da Vegetação Nativa sobre o Desenvolvimento Humano na Bahia: Parte I. *In:* FRAGA, Leonardo Pereira; KOSTER E SILVA, Patricia. Pesquisa e Aplicação em Ciências Biológicas. São Paulo: Bookerfield, 2021.

BALLESTEROS-MEJIA, Liliana; LIMA, Jacqueline S.; COLLEVATTI, Rosane G. Spatially-explicit analyses reveal the distribution of genetic diversity and plant conservation status in Cerrado biome. Biodiversity and Conservation, v. 29, p. 1537-1554, 2020.

BRANDÃO, M. L. S. M.; SILVA, F. das C. P.; FORTES, A. C. C.; ALENCAR, G. da S.; ROCHA, I.

L.; IWATA, B. de F. O papel das zonas de amortecimento na efetividade da proteção ambiental da Floresta Nacional de Palmares, Piauí, Brasil. Ciência Florestal, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 1789–1811, 2021. DOI: 10.5902/1980509848035.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual e potencial: plantas para o futuro: região norte. DF, MMA, 2022, 1452 p.

CAPELLESSO, E.S., SANTOLIN, S.F.; ZANIN, E.M. 2015. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil. Revista Árvore 39: 821-829.

CHAVES, Lázaro José. Conservação, Domesticação e melhoramento de espécies Nativas do Cerrado. In:___, melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1106825/melhoramento-de-plantas-variabilidade-genetica-ferramentas-e-mercado>, acesso em: 05 fev. 2024.

COLLI, Guarino R; VIEIRA, Cecília R; DIANESE, José Carmine.Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. Revista Biodiversity and Conservation (2020) 29:1465–1475. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>, acesso em 07 fev. 2024.

CORADIN. Lidio; CAMILLO, Julcéia; VIEIRA, Ima Célia Guimarães (Ed.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial*: plantas para o futuro: região Norte. Brasília, DF: MMA, 2022. (Série Biodversidade; 53). 1452p. Disponível em:<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodversidade/manejo-e-uso-sustentavel/flora>.

COSTA, Ana Marta Andrade. Genética da Conservação. *In:* JARDIM, Mario Augusto Gonçalves; MARTINS, Marlúcia Bonifácio. Reflexões em Biologia da Conservação. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2018. 186p.

DE RESENDE, Marcos Deon Vilela; Alves, Rodrigo Silva. Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção. 2021. Disponível em: < https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131863>, acesso em: 06 fev. 2024.

DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola et al. Superando o pior dos dois mundos: integrando as mudanças climáticas e a perda de habitat no planejamento espacial de conservação da diversidade genética no Cerrado brasileiro. Biodiversidade e Conservação , v. 29, p. 1555-1570, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-018-1667-y>, acesso em: 07 fev. 2024.

DUTRA FILHO, J. A. et al. Utilização de marcadores moleculares RAPD e EST's SSR para estudo da variabilidade genética em cana-de-açúcar. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 141-149, jan./mar. 2013. DOI: 10.1590/S1806-66902013000100018.

ESLABÃO, M. P.; ELLERT-PEREIRA, P. E.; BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G. Prioridades para a conservação de *Butia* (Arecaceae). Ciência Florestal, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 1733–1758, 2022. DOI: 10.5902/1980509838770.

FERREIRA, M. E.; GRATAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220 p

GALVÃO, J. R. Percepção dos moradores da zona de amortecimento acerca de sua relação com a floresta nacional de passo fundo, Brasil. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

GOMES, M. F. C. et al. Diversidade e estrutura genética em populações naturais de Cajui do Cerrado brasileiro. *Revista de Biociências* [online], vol. 37, pp, 2021. DOI 10.14393/BJ-v37n0a2021-53974.

HIOLANDA, Rosivaldo et al . Desempenho de genótipos de feijão carioca no Cerrado Central do Brasil. Rev. de Ciências Agrárias, Lisboa , v. 41, n. 3, p. 241-250, set. 2018 . Disponível em: https://doi.org/10.19084/RCA17285. Acesso em: 08 fev. 2024.

HOBAN, et al. Genetic diversity targets and indicators in the CBD post - 2020 Global Biodiversity Framework must be improved. Elsevier -Biological Conservation.248 (2020) 108654. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108654>, acesso em: 07 fev. 2024.

JULIEN, M. et al. Estrutura da diversidade genética multilocus em populações predominantemente autofecundadas. Heredity, vol. 123, p.176-191, 2019.

LEAL, A. A. et al. Efficiency of RAPD versus SSR markers for determining genetic diversity among popcorn lines. Genetics and Molecular Research, v. 9, n. 01, p. 9-18, 2010.

LEMES, L.; DE ANDRADE, Afa; LOYOLA, R.. Prioridades espaciais para o desenvolvimento agrícola no Cerrado brasileiro: economia e conservação podem coexistir?. Revista *Biodivers Conserv* 29 , 1683–1700, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01719-6>, acesso em: 07 fev. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. 8ª ed. - São Paulo: Atlas, 2017.

MASSRUHÁ, S. M. F. LEITE, M. A. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília: Embrapa, 2020.

MATTAR, João. RAMOS, Daniela Karine. Metodologia da Pesquisa em Educação: abordagens quantitativa, qualitativas e mistas. 1ª ed.-São Paulo: edições 70, 2021.

MEDEIROS, Natalia F. et al. Can our current knowledge and practice allow ecological restoration in the Cerrado?. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 94, p. e20200665, 2022.

MORAIS, R.F., BELO, M.F., GOMES, M.T.D., SILVA, N.D'A.V., SOUSA JÚNIOR, J.R., SOUZA, E.B., VITORINO, H.S. Potencial de indivíduos arbóreos como facilitadoras da formação de banco de

sementes em um ecótono de Cerrado e Caatinga. Hoehnea 49: e652020. http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-65/2020

MOLONEY, Daniel J. F. et al. The Conservationist"s Toolkit: A critical review of the need for a conceptual framework of both in-sit and ex-situ conservation estrategies to ensure the success of restoration ecology. Elsevier. Biological Conservation, v.287, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110345>. Acesso em: 07 fev. 2024.

OLIVEIRA, M.D., MELLO, L.S.; PEREIRA, Z.V.. Caracterização da chuva de sementes em áreas de preservação permanente no Município de Sidrolândia/ MS. Cadernos de Agroecologia, 13: 1-10, 2018.

OLIVEIRA, T. J. A.; RODRIGUES, W. A difusão do agronegócio nos cerrados do centro norte brasileiro e nas áreas irrigadas da caatinga nordestina. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, v. 13, n.2, p. 525–46, 11 abr. 2020.

QUEIROZ, M. A.; BARROS, L. M.; CARVALHO, L. P.; CANDEIA, J. A.; FERRAZ, E. Plant breeding in the semiarid region of Brazil: examples of success. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 12, [especial],p. 57–66, dez. 2012.

RIBEIRO, Renato Antônio. RODRIGUES, Flavia Melo. Genética da Conservação em espécies vegetais do cerrado. Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v. 5, n.3, p. 253-260, 2006.

SALGOTRA, Romesh Kumar; CHAUHAN, Bhagirath Singh. Diversidade genética, conservação e utilização de recursos genéticos vegetais. Genes , v. 14, n. 1, pág. 174, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9859222/>, acesso em: 09 fev. 2024.

SANTOS, A. A. R.; FERREIRA, F. A.; ARAÚJO, J. J.; OLIVEIRA, D. G.; CLEMENTINO, V. D. R. Innovation dynamics:Analysis of mango innovation strategies by ride. Revista em Agronegocio e Meio Ambiente, Maringá, v.10, p. 91–114, 2017.

SANTOS, R. C. dos; QUEIROZ, C. M.; BATISTA, V. G. L.; SILVA, C. R. C.; PINHEIRO, M. P. N.; GALVÃO FILHO, A. L. de A.; MELO FILHO, P. de A.; LIMA, L. M. de. Variabilidade de progênies F2 de amendoim geradas por meio de seleção de genitores ISSR-divergentes. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 3, p. 578-586, jul-set, 2013.

SÁ, Maria de Fátima Freire de. NAVES, Bruno Torquato de Oliveira. Bioética e Biodireito. 6ª ed. - Indaiatuba, SP: Editora Foco, 2023.

SANTONIERI, Laura; BUSTAMANTE, Patricia Goulart. Conservação *ex situ* e *on farm* de recursos genéticos: desafios para promover sinergias e complementaridades. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, v. 11, n. 3, p. 677-690, set.-dez. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222016000300008.

SILVA, F. P.; ARAUJO, J. A.; COSTA, E. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica na agropecuária das regiões semiárida e não semiárida do Nordeste brasileiro. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 57, n. 3, p. 379–95, set. 2019.

SILVA, Dandara Yasmim Bonfim de Olivera, et al. Genetic variability and *ex sit* Conservation strategies for the neotropical tree Parkia Platycephala Benth. Revista Ciência Florestal. v. 33, n.1, p. 1-25, jan/mar. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/64058/51866>, acesso em: 06 fev. 2024.

SMITH, A.L et al. O fluxo gênico global libera plantas invasoras das restrições ambientais sobre a diversidade genética. PNAS, v.117, n.8, p.4218-4227, 2020.