

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

KELLEN TRAJANO DE LIMA

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DAS INFRUTESCÊNCIAS DE
ETNOVARIEDADES DE ABACAXI NO AMAZONAS

MANAUS

2025

KELLEN TRAJANO DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DAS INFRUTESCÊNCIAS DE
ETNOVARIEDADES DE ABACAXI NO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de mestre.

ORIENTADOR: DR. HENRIQUE DOS SANTOS PEREIRA.

COORIENTADORA: DRA. ALINE ELLEN DUARTE DE SOUSA.

MANAUS

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

- L732c Lima, Kellen Trajano de
Caracterização morfoagronômica das infrutescências de etnoviedades de abacaxi no Amazonas / Kellen Trajano de Lima. - 2025.
128 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Henrique dos Santos Pereira.
Coorientador(a): Aline Ellen Duarte de Sousa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, 2025.
1. Ananas comosus(abacaxi). 2. Conservação genética. 3. Banco de germoplasma. 4. Análises físico-químicas. 5. Segurança alimentar. I. Pereira, Henrique dos Santos. II. Sousa, Aline Ellen Duarte de. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. IV. Título
-

KELLEN TRAJANO DE LIMA

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DAS INFRUTESCÊNCIAS DE ETNOVARIEDADES DE ABACAXI NO AMAZONAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na linha de pesquisa Manejo da Agrobiodiversidade. O presente trabalho trata da caracterização morfoagronômica das infrutescências de etnovariedades de abacaxi, cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Orientador: Prof^o. Dr. Henrique dos Santos Pereira.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa.

Aprovado em 06 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 HENRIQUE DOS SANTOS PEREIRA
Data: 21/08/2025 09:34:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o Dr. Henrique dos Santos Pereira, Presidente
Universidade Federal do Amazonas- UFAM

Documento assinado digitalmente
 JUNIOR RIBEIRO CARVALHO
Data: 21/08/2025 07:38:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Júnior Ribeiro Carvalho, Membro
Universidade Federal do Amazonas- UFAM

Documento assinado digitalmente
 SIMONE BENEDET FONTOURA
Data: 25/08/2025 23:39:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Simone Benedet Fontoura, Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
Campus Manaus Zona Leste

MANAUS

2025

Dedico este trabalho aos meus pais, *Cícero e Ivanilda*, pelo esforço e pela dedicação em assegurar minha formação educacional dentro de suas possibilidades. E aos meus sobrinhos, *Willian e Livia*, por representarem a razão maior da minha inspiração e perseverança.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e força concedidas durante toda a minha trajetória acadêmica, sustentando-me nos momentos de maior dificuldade e fortalecendo minha fé na caminhada.

Aos meus pais, Cícero e Ivanilda, pelo amor e dedicação a minha educação, sempre me inspirando com exemplos de perseverança, dignidade e coragem.

Aos meus sobrinhos, Willian e Lívia, por representarem uma fonte constante de inspiração, motivação e esperança em cada etapa vencida.

Aos meus orientadores Prof^o Dr. Henrique Pereira e Prof^a Dra. Aline Sousa, pelo acompanhamento, paciência e dedicação, cujas orientações, críticas construtivas e confiança foram fundamentais para a concretização deste trabalho. Estendo meu agradecimento a todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas (PPGATR/UFAM), que contribuíram com conhecimentos, reflexões e ensinamentos de valor inestimável.

Ao Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças (FISIOFRUT) e ao grupo de pesquisa FISIOTROP, pelo suporte técnico, científico e pela oportunidade de aprendizado contínuo em um ambiente de troca e cooperação.

Às comunidades tradicionais e agricultores familiares da Amazônia que, de forma generosa, contribuíram com saberes e práticas que enriqueceram esta pesquisa, reafirmando a importância do diálogo entre ciência e conhecimento popular na valorização da agrobiodiversidade regional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, que viabilizou a execução desta pesquisa e possibilitou minha dedicação integral às atividades acadêmicas.

Aos colegas de mestrado, pela parceria, amizade e incentivo diário, que tornaram esta caminhada menos árdua e mais significativa.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste estudo, registro minha mais profunda gratidão.

RESUMO

A conservação da agrobiodiversidade é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e para a valorização dos recursos genéticos manejados por comunidades tradicionais. Esta dissertação tem como objetivo contribuir para o conhecimento e valorização da diversidade genética do abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill, integrando duas abordagens complementares. O primeiro capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura científica sobre os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de abacaxi, considerando localização geográfica, métodos de conservação, variedades preservadas e articulações institucionais. Foram analisados 29 estudos publicados entre 2014 e 2025, os quais revelaram a predominância de estratégias *ex situ* em países da América Latina e da Ásia, com destaque para o Brasil, e apontaram lacunas relevantes em regiões de elevada diversidade genética, como a Amazônia. O segundo capítulo aborda a caracterização morfoagronômica de infrutescências de etnovariedades de abacaxi coletadas no estado do Amazonas e conservadas no BAG da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Foram avaliados descritores qualitativos e quantitativos, como forma e cor da coroa e da infrutescência, presença de acúleos, massa e comprimento da coroa e infrutescência, bem como parâmetros físico-químicos, incluindo pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis (SS), razão SS/AT, sólidos solúveis totais (SST) e vitamina C. As análises estatísticas compreenderam ANOVA, teste de Tukey e abordagens multivariadas (PCA, análise de agrupamento e análise discriminante). Os resultados revelaram ampla variabilidade entre os acessos. A etnovarietade Garrafa destacou-se pelos altos teores de vitamina C, o Abacaxi Grande apresentou pH mais elevado (~4,2), caracterizando menor acidez e potencial para consumo *in natura*. Enquanto a Cabeça de Onça evidenciou maior acúmulo de açúcares solúveis no cilindro central, refletindo uma fisiologia diferenciada no transporte e armazenamento de carboidratos. As análises multivariadas confirmaram a existência de agrupamentos distintos entre as etnovariedades e a cultivar comercial Turiaçu Amazonas, reforçando a singularidade genética e fenotípica dos acessos amazônicos. De forma integrada, esta dissertação evidencia que a Amazônia desempenha papel estratégico na conservação e no uso sustentável da diversidade genética do abacaxi. Além de garantir segurança alimentar e nutricional, as etnovariedades amazônicas apresentam atributos de interesse comercial e tecnológico, capazes de fortalecer cadeias agroalimentares locais e abrir novas oportunidades em mercados diferenciados com identidade territorial.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, conservação genética, banco de germoplasma, conservação *ex situ* e *in situ*, Amazônia, análises físico-químicas, variabilidade genética, segurança alimentar.

ABSTRACT

The conservation of agrobiodiversity is fundamental to the sustainability of agricultural systems and to the appreciation of genetic resources managed by traditional communities. This dissertation aims to contribute to the knowledge and valorization of the genetic diversity of pineapple *Ananas comosus* (L.) Merrill, integrating two complementary approaches. The first chapter presents a systematic review of the scientific literature on Active Germplasm Banks (AGBs) of pineapple, considering geographic location, conservation methods, preserved varieties, and institutional networks. Twenty-nine studies published between 2014 and 2025 were analyzed, which revealed the predominance of *ex situ* strategies in Latin America and Asia, with emphasis on Brazil, and highlighted relevant gaps in regions of high genetic diversity, such as the Amazon. The second chapter addresses the morpho-agronomic characterization of infructescences of pineapple ethnovarieties collected in the state of Amazonas and conserved in the AGB of the Federal University of Amazonas (UFAM). Both qualitative and quantitative descriptors were evaluated, such as crown and infructescence shape and color, presence of spines, crown and infructescence weight and length, as well as physicochemical parameters, including pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), SS/TA ratio, total soluble solids (TSS), and vitamin C. Statistical analyses comprised ANOVA, Tukey's test, and multivariate approaches (PCA, cluster analysis, and discriminant analysis). The results revealed wide variability among the accessions. The ethnovariety 'Garrafa' stood out for its high vitamin C content, while 'Abacaxi Grand'e showed higher pH (~4.2), indicating lower acidity and potential for fresh consumption. Meanwhile, 'Cabeça de Onça' exhibited greater accumulation of soluble sugars in the central cylinder, reflecting a distinct physiology in carbohydrate transport and storage. Multivariate analyses confirmed the existence of distinct clusters between the ethnovarieties and the commercial cultivar 'Turiaçu Amazonas', reinforcing the genetic and phenotypic uniqueness of Amazonian accessions. Taken together, this dissertation demonstrates that the Amazon plays a strategic role in the conservation and sustainable use of pineapple genetic diversity. Beyond ensuring food and nutritional security, Amazonian ethnovarieties present attributes of commercial and technological interest, with the potential to strengthen local agri-food chains and open new opportunities in differentiated markets with territorial identity.

Keywords: *Ananas comosus*, genetic conservation, germplasm bank, *ex situ* and *in situ* conservation, Amazon, physicochemical analyses, genetic variability, food security.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de fluxo com os resultados da busca na literatura	22
Figura 2 - Distribuição geográfica dos principais Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de <i>Ananas comosus</i>	24
Figura 3 - Número de acessos de <i>Ananas comosus</i> conservados	25
Figura 4 - Frequência das variedades botânicas de <i>Ananas comosus</i> registradas em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs)	26
Figura 5 - Frequência de ocorrência das principais cultivares comerciais de <i>Ananas comosus</i> L. Merrill	27
Figura 6 - Rede de colaboração internacional entre instituições responsáveis pelos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de <i>Ananas comosus</i>	32
Figura 7 - Estrutura vegetativa do abacaxizeiro <i>Ananas comosus</i>	62
Figura 8 - Transição do desenvolvimento reprodutivo do abacaxizeiro	62
Figura 9 - Variedades botânicas de <i>Ananas comosus</i>	63
Figura 10 - Área colhida (em hectares) e a produção total (em toneladas) de abacaxi no ano de 2023 no mundo	64
Figura 11 - Os dez principais países produtores de abacaxi no mundo em 2023	65
Figura 12 - Aspectos visuais do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de abacaxi da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	68
Figura 13 - BAG de abacaxi <i>in vitro</i> da Embrapa Amazônia Ocidental	69
Figura 14 - Áreas de coleta de mudas utilizados na composição do Banco Ativo de Germoplasma de abacaxi	71
Figura 15 - Estádios de maturação do abacaxi	73
Figura 16 - Localização do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de abacaxi da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	74
Figura 17 - Municípios do estado do Amazonas onde foram coletadas mudas de etnovariedades de abacaxi	75
Figura 18 - Esquema de segmentação das infrutescências de abacaxi para análises físico-químicas	76
Figura 19 - Infrutescências representativas de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	78
Figura 20 - Comprimento médio da coroa (cm) das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	81
Figura 21 - Peso médio da coroa (cm) das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	82
Figura 22 - Comprimento médio do sincarpo (cm) de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	83

Figura 23 - Peso médio do sincarpo (kg) de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	84
Figura 24 - Diâmetro médio do sincarpo (mm) de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	85
Figura 25 - Número de frutículos do sincarpo de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	86
Figura 26 - Comprimento dos frutículos (cm) do sincarpo de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	87
Figura 27 - Firmeza da polpa das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	88
Figura 28 - Teores de vitamina C (mg/100g) nas diferentes regiões da polpa (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi	90
Figura 29 - Valores médios de pH nas diferentes regiões da polpa (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi	91
Figura 30 - Médias e desvios-padrão da razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) na polpa das etnovariedades de abacaxi, avaliadas em três regiões do sincarpo	92
Figura 31 - Teores de açúcares solúveis totais (AST, expressos em % de glicose) na polpa de diferentes regiões (basal, medial e apical) do sincarpo	93
Figura 32 - Teores de vitamina C (mg/100g) nas diferentes regiões do cilindro central (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi	95
Figura 33 - Valores médios de pH nas diferentes regiões do cilindro central (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi	96
Figura 34 - Médias e desvios-padrão da razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) no cilindro central nas infrutescências das etnovariedades de abacaxi	97
Figura 35 - Teores de açúcares solúveis totais (AST, expressos em % de glicose) na polpa de diferentes regiões (basal, medial e apical) do sincarpo	98
Figura 36 - Distribuição dos acessos de etnovariedades de abacaxi e cv. Turiaçu Amazonas no plano da Análise de Componentes Principais (PCA)	102
Figura 37 - Projeção das variáveis no plano da Análise de Componentes Principais (PCA)	103
Figura 38 - Gráfico do método do cotovelo para definição do número ótimo de agrupamentos (clusters) entre as etnovariedades de abacaxi	104
Figura 39 - Dendrograma de agrupamento hierárquico das etnovariedades de abacaxi e do cultivar comercial Turiaçu Amazonas	105
Figura 40 - Distribuição dos agrupamentos de etnovariedades de abacaxi com base na Análise de Componentes Principais (PCA) e na análise de agrupamento K-means	106
Figura 41 - Análise Discriminante Linear (LDA) entre grupos das etnovariedades e do cultivar Turiaçu Amazonas	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de inclusão, exclusão e estratégia de busca utilizados na revisão sistemática	19
Tabela 2 - Distribuição geográfica dos estudos sobre Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de <i>Ananas comosus</i>	23
Tabela 3 - Países, instituições e número de estudos sobre Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de <i>Ananas comosus</i> identificados na revisão sistemática	24
Tabela 4 - Variedades botânicas de <i>Ananas comosus</i>	26
Tabela 5 - Cultivares comerciais de <i>Ananas comosus</i>	27
Tabela 6 - Cultivares tradicionais ou regionais de <i>Ananas comosus</i>	28
Tabela 7 - Estratégias de conservação <i>in situ</i> aplicadas a <i>Ananas comosus</i>	29
Tabela 8 - Métodos de conservação <i>ex situ</i> para <i>Ananas comosus</i>	30
Tabela 9 - Instituições responsáveis pela conservação de <i>Ananas comosus</i> em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs)	33
Tabela 10 - Relação dos 40 acessos de abacaxi conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	70
Tabela 11 - Caracterização morfológica qualitativa das infrutescências de oito etnov variedades de <i>Ananas comosus</i> L.	80
Tabela 12 - Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das características morfológicas das infrutescências de etnov variedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	80
Tabela 13 - Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas da polpa de infrutescências de etnov variedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	89
Tabela 14 - Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas do cilindro central de infrutescências de etnov variedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	93
Tabela 15 - Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das características morfológicas das infrutescências de etnov variedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	98
Tabela 16 - Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas de infrutescências de etnov variedades de abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.)	100

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1	14
Título: Banco ativo de germoplasma de abacaxi: uma revisão sistemática	14
RESUMO	14
ABSTRACT	15
RESUMO GRÁFICO	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	18
3. RESULTADOS	22
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
Capítulo 2	57
Título: Caracterização morfoagronômica das infrutescências de etnovariedades de abacaxi no Amazonas	57
RESUMO	57
ABSTRACT	58
1. INTRODUÇÃO	59
2. OBJETIVOS	60
3. REVISÃO DE LITERATURA	60
4. MATERIAL E MÉTODOS	74
5. RESULTADOS	78
6. DISCUSSÃO	109
7. CONCLUSÃO	119
CONCLUSÃO	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121

INTRODUÇÃO

A agrobiodiversidade representa um componente estratégico para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, sobretudo em regiões tropicais megadiversas como a Amazônia (BORGES et al., 2025).

Entre as espécies de maior importância econômica e sociocultural destaca-se o abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill cuja diversidade genética inclui formas silvestres, botânicas, cultivares comerciais e variedades tradicionais manejadas por agricultores familiares e povos indígenas (SOUZA et al., 2018; AGUILERA-ARANGO et al., 2022; HAYATI & KASIAMDARI, 2024).

Apesar de sua ampla distribuição geográfica e valor agrônomo, a base genética utilizada nos sistemas de produção comercial é restrita, aumentando os riscos de erosão genética, homogeneização varietal e vulnerabilidade a fatores ambientais e fitossanitários (FAO, 2022; MWANIKI et al., 2025).

Nesse cenário, os esforços voltados à conservação e ao uso sustentável dos recursos genéticos de abacaxi tornam-se fundamentais para garantir a resiliência agrícola, o melhoramento genético e a valorização dos saberes tradicionais associados ao cultivo da espécie (AGUILERA-ARANGO et al., 2022).

O presente estudo foi elaborado visando contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a conservação da diversidade genética do abacaxi, articulando duas abordagens complementares.

No primeiro capítulo, apresenta-se uma revisão sistemática sobre os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de abacaxi no mundo, abordando a localização geográfica, os tipos de germoplasma conservado, os métodos de conservação e o envolvimento de instituições e comunidades tradicionais.

O segundo capítulo traz a caracterização morfoagronômica e análises físico-químicas de infrutescências de etnovariedades de abacaxi, cultivadas no estado do Amazonas, conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Amazonas.

Ao integrar análise bibliográfica e dados empíricos de campo, esta dissertação visa subsidiar estratégias de conservação da agrobiodiversidade, com ênfase na valorização de variedades regionais e no fortalecimento de ações voltadas à segurança alimentar e à soberania genética de recursos vegetais amazônicos.

Capítulo 1

Título: Banco ativo de germoplasma de abacaxi: uma revisão sistemática

RESUMO

O presente estudo constitui uma revisão sistemática sobre os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* (L.) Merrill (abacaxi), com foco na caracterização, distribuição e relevância estratégica dessas coleções. A revisão identificou a localização geográfica dos BAGs, as variedades botânicas e comerciais conservadas, os métodos de conservação utilizados, as instituições responsáveis pela sua manutenção e o envolvimento de comunidades tradicionais no processo de preservação. As buscas foram conduzidas nas bases Web of Science, Scopus e SciELO, contemplando publicações entre 2014 e 2025. Foram incluídos 29 estudos, dos quais 22 advindos de bases indexadas e 7 provenientes de buscas manuais. Os resultados revelaram uma concentração significativa de BAGs na América Latina e na Ásia, destacando-se o Brasil como o país com o maior número de acessos e a maior diversidade de estratégias de conservação *ex situ*. As coleções abrangem tanto variedades botânicas quanto cultivares comerciais amplamente difundidas, como MD-2, Smooth Cayenne, Red Spanish e Pérola, além de etnovarietades e variedades tradicionais de grande relevância regional. Predominaram os métodos de conservação *ex situ*, incluindo bancos de campo, cultivo *in vitro*, criopreservação e bancos de DNA; entretanto, iniciativas *in situ* e *on-farm*, conduzidas por comunidades locais, desempenham papel essencial na conservação dinâmica e na valorização territorial da agrobiodiversidade. Apesar dos avanços, persistem lacunas relacionadas à caracterização de ecótipos pouco estudados e à integração insuficiente entre BAGs e redes internacionais de conservação genética. Conclui-se que os BAGs representam instrumentos estratégicos para a conservação e o uso sustentável da diversidade genética do abacaxi, oferecendo suporte a programas de melhoramento genético, segurança alimentar, inovação tecnológica e à resiliência agrícola frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, agrobiodiversidade, conservação *ex situ* e *in situ*; germoplasma, conservação genética, variabilidade genética, melhoramento genético.

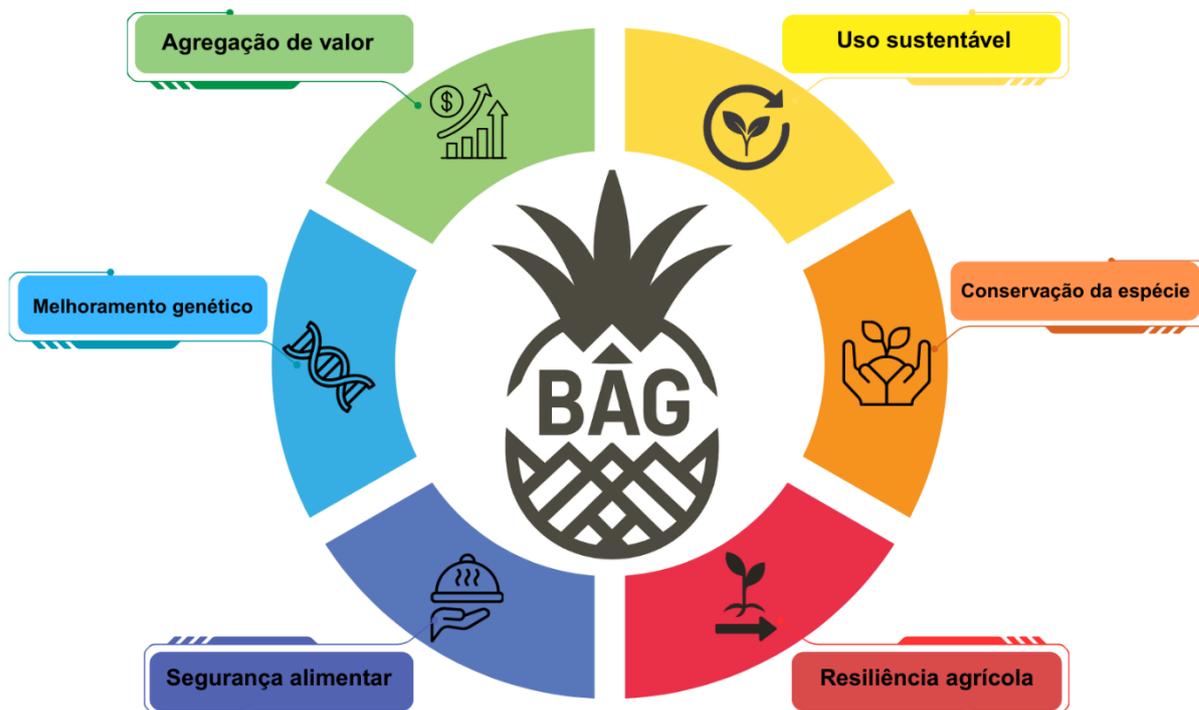
ABSTRACT

This study constitutes a systematic review of the Active Germplasm Banks (AGBs) of *Ananas comosus* (L.) Merrill (pineapple), with a focus on the characterization, distribution, and strategic relevance of these collections. The review identified the geographical location of AGBs, the conserved botanical and commercial varieties, the conservation methods employed, the institutions responsible for their maintenance, and the involvement of traditional communities in the preservation process. Searches were conducted in the Web of Science, Scopus, and SciELO databases, covering publications between 2014 and 2025. A total of 29 studies were included, 22 from indexed databases and 7 from manual searches, which proved crucial in retrieving relevant studies not captured in indexed sources. The results revealed a significant concentration of AGBs in Latin America and Asia, with Brazil standing out as the country with the largest number of accessions and the greatest diversity of *ex situ* conservation strategies. The collections encompass both botanical varieties and widely distributed commercial cultivars such as MD-2, Smooth Cayenne, Red Spanish, and Pérola, as well as ethnovarieties and traditional varieties of high regional relevance. *Ex situ* conservation methods predominated, including field banks, *in vitro* culture, cryopreservation, and DNA banks; however, *in situ* and on-farm initiatives conducted by local communities play an essential role in dynamic conservation and in strengthening the territorial value of agrobiodiversity. Despite these advances, gaps remain regarding the characterization of understudied ecotypes and the insufficient integration between AGBs and international genetic conservation networks. It is concluded that AGBs represent strategic instruments for the conservation and sustainable use of pineapple genetic diversity, supporting breeding programs, food security, technological innovation, and agricultural resilience in the face of climate change.

Keywords: *Ananas comosus*; agrobiodiversity; *ex situ* and *in situ* conservation; germplasm; genetic conservation; genetic variability; plant breeding

RESUMO GRÁFICO

Importância dos Bancos Ativos de Germoplasma de Abacaxi



1. INTRODUÇÃO

O abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill pertencente à família Bromeliaceae, é uma das frutas tropicais de maior importância econômica e social no mundo, sendo amplamente cultivado em diversas regiões do globo (CARVALHO et al., 2009). A taxonomia atual reconhece uma única espécie cultivada, *Ananas comosus*, subdividida em cinco variedades botânicas: var. *comosus* (abacaxi comercial), var. *bracteatus*, var. *ananassoides*, var. *parguazensis* e var. *erectifolius*, representando um importante reservatório de diversidade genética para a cultura (COPPENS D'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).

Dados da FAOSTAT (2023) classificam o abacaxi como a terceira fruta tropical mais produzida no mundo, atrás somente da banana e dos citros, com uma produção global estimada em 29 milhões de toneladas. A Indonésia lidera com cerca de 3,20 milhões de toneladas, seguida pelas Filipinas e pela Costa Rica. O Brasil ocupa a quarta posição, com aproximadamente 2,3 milhões de toneladas produzidas em cerca de 64 mil hectares.

A produção de abacaxi sustenta cadeias agroindustriais voltadas tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento, contribuindo para a segurança alimentar e a geração de renda em regiões tropicais e subtropicais (BOAKYE et al., 2024).

Apesar de sua ampla disseminação, a diversidade genética disponível para o cultivo comercial permanece limitada a poucas cultivares, o que representa riscos relacionados à erosão genética, à resiliência agrícola e à estabilidade da produção frente a estresses ambientais, fitossanitários e de mercado. Estudos recentes demonstram que a variabilidade genética entre cultivares comerciais é estreita, o que pode reduzir a capacidade adaptativa da cultura em condições adversas (HAYATI; KASIAMDARI, 2024).

Diante desse cenário, os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) representam estruturas estratégicas para a conservação, estudo e uso sustentável da variabilidade genética intraespecífica de *Ananas comosus* (L.) Merrill (SOUZA et al., 2022). Esses bancos têm como principal objetivo preservar acessos genéticos com potencial de uso direto em programas de melhoramento genético, pesquisas científicas, desenvolvimento de coleções-núcleo e reintrodução em sistemas produtivos (SOUZA et al., 2021).

A conservação de variedades botânicas, cultivares comerciais e genótipos tradicionais ou regionais, frequentemente manejados por comunidades locais, é fundamental para a manutenção da agrobiodiversidade e da soberania alimentar (SOUZA et al., 2021).

Embora existam diversas iniciativas de conservação de germoplasma de abacaxi em diferentes países, as informações sobre a distribuição geográfica dos BAGs, os métodos de

conservação empregados, os tipos de variedades preservadas, as articulações institucionais entre os bancos e o envolvimento das comunidades tradicionais ainda não estão sistematizadas.

Até o momento, nenhuma revisão sistemática global foi conduzida para mapear e caracterizar esses bancos de germoplasma, representando uma importante lacuna no conhecimento sobre os recursos genéticos dessa cultura. Compreender esses aspectos é fundamental para identificar deficiências, fortalecer estratégias de conservação e promover o uso racional e inclusivo da diversidade genética do abacaxi.

Dessa forma, esta revisão sistemática tem como objetivo mapear e caracterizar os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* (L.) Merrill no cenário global, analisando suas principais características quanto à localização geográfica, às variedades conservadas, incluindo cultivares botânicas, comerciais e tradicionais, aos métodos de conservação empregados, às instituições responsáveis pela manutenção dos acervos e o envolvimento de comunidades locais e redes colaborativas de conservação genética.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Critério de seleção dos estudos

A revisão sistemática foi conduzida em três etapas sequenciais, entre outubro de 2024 e abril de 2025. A primeira etapa consistiu em uma triagem preliminar dos títulos e resumos dos artigos. Nessa fase, foram excluídos os estudos que não abordavam claramente a existência, caracterização ou conservação de Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* (L.) Merrill (abacaxi). A busca foi restrita a estudos publicados entre 2014 e 2025, nos idiomas inglês, português ou espanhol.

Os critérios de inclusão definidos para esta revisão foram: (1) artigos originais publicados em periódicos com revisão por pares; (2) estudos que descrevessem bancos ativos de germoplasma de abacaxi, incluindo conservação *in situ* ou *ex situ*; (3) artigos que apresentassem dados sobre diversidade genética, métodos de conservação ou gestão institucional do germoplasma; (4) estudos que informassem a localização geográfica, o número de acessos conservados, o envolvimento de comunidades tradicionais e as instituições responsáveis pelos BAGs; (5) artigos que mencionassem conexões com redes nacionais ou internacionais de conservação de recursos genéticos.

Os critérios de exclusão adotados foram: (1) artigos de revisão, dissertações, livros ou resumos sem acesso ao texto completo; (2) estudos não diretamente relacionados à conservação de germoplasma de abacaxi (por exemplo, fisiologia pós-colheita ou cultivo comercial sem

dados genéticos); (3) artigos que não apresentassem identificação geográfica ou atribuição institucional dos bancos de germoplasma.

2.2 Pergunta foco

A principal pergunta de pesquisa desta revisão foi elaborada utilizando a estratégia PICO (População, Intervenção, Comparação e Desfecho). A pergunta central foi definida da seguinte forma: “Onde estão localizados, no mundo, os bancos ativos de germoplasma de abacaxi e quais são suas principais características de conservação e gestão?”

As perguntas secundárias foram formuladas da seguinte maneira: a) Quais países ou continentes concentram o maior número de bancos de germoplasma de abacaxi? b) Quais variedades botânicas, comerciais e tradicionais de abacaxi são conservadas nesses bancos? c) Quais métodos de conservação (*in vitro*, *on-farm*, criopreservação, banco de DNA) são mais frequentemente utilizados? d) Esses bancos envolvem comunidades tradicionais ou locais nas ações de conservação do germoplasma? e) Quais instituições são responsáveis pela gestão e manutenção desses bancos de germoplasma? f) Quantos acessos estão registrados em cada banco ativo de germoplasma de abacaxi? g) Existe alguma articulação entre esses bancos e redes nacionais ou internacionais de conservação de recursos genéticos?

2.3 Fonte de informações e curadoria dos dados

A seleção das bases de dados foi fundamentada em critérios de amplitude temática, indexação qualificada e relevância geográfica para os objetivos da revisão.

A Web of Science e a Scopus foram escolhidas por constituírem os principais repositórios internacionais de literatura científica com revisão por pares, assegurando o acesso a estudos de alta qualidade metodológica e abrangência global.

A base SciELO foi incorporada por seu papel estratégico na disseminação da produção científica da América Latina, região central para a conservação do germoplasma de *Ananas comosus*.

O recorte temporal entre 2014 e 2025 foi definido com o objetivo de refletir o panorama atual das estratégias de conservação, priorizando estudos recentes, metodologicamente robustos e alinhados com as diretrizes contemporâneas de agrobiodiversidade.

Essas diretrizes, estabelecidas por organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), englobam a conservação *in situ* e *ex situ* de recursos genéticos, a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados de sua utilização, o uso sustentável da diversidade biológica, a integração de comunidades locais e povos indígenas nos processos de gestão e a

formulação de políticas que assegurem a soberania alimentar e a resiliência dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas (FAO, 2021; SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2020).

A busca na literatura utilizou vocabulário controlado e operadores booleanos nas bases de dados, utilizando cadeias de busca especificamente estruturadas conforme os objetivos desta revisão. A estratégia de busca foi organizada em três componentes principais:

Componente de Busca 1 (CB1): (“Ananas comosus” OR pineapple OR “pineapple germplasm” OR “pineapple diversity”);

Componente de Busca 2 (CB2): (“germplasm” OR “germplasm bank” OR “germplasm collection”);

Componente de Busca 3 (CB3): (“genetic resources” OR “genetic diversity” OR “genetic variation” OR “genetic variability”).

Esses componentes foram combinados utilizando o operador booleano “AND” para refinar os resultados. A busca foi restrita a artigos publicados entre janeiro de 2014 e junho de 2025, nos idiomas inglês, português ou espanhol. Foram excluídos editoriais, cartas, revisões, dissertações, livros e trabalhos de congressos. Os artigos foram inicialmente triados pelos títulos e resumos. Aqueles que atenderam aos critérios de elegibilidade foram submetidos à leitura completa.

Todos os estudos selecionados foram importados para a plataforma START (*State of the Art through Systematic Review*), utilizada para o gerenciamento das referências, remoção de duplicatas e avaliação de elegibilidade. As informações relevantes do conjunto final de artigos foram extraídas com base em um formulário de extração de dados previamente definido e organizados em uma planilha do Microsoft Excel. Estatísticas descritivas e categorização temática foram utilizadas para identificar padrões e tendências.

Tabela 1. Critérios de inclusão, exclusão e estratégia de busca utilizados na revisão sistemática.

Parâmetros	Inclusão	Exclusão	Termos-chave/ Estratégia
Localização	Estudos conduzidos em âmbito global com foco na conservação e manejo do germoplasma de <i>Ananas comosus</i>	Estudos não relacionados à conservação de germoplasma ou que não tenham foco em <i>Ananas comosus</i>	(“Ananas comosus” OR pineapple OR “pineapple germplasm” OR “pineapple diversity”)
Idioma	Inglês, português e espanhol	Outros idiomas	Filtro de idioma: EN, PT, ES
Data	Publicados entre janeiro de 2014 e junho de 2025	Publicados antes de 2014	Filtro de data: 2014–2025

População	Bancos de germoplasma de abacaxi, incluindo variedades botânicas e comerciais	Estudos sobre produção comercial ou manejo pós-colheita sem foco em conservação	("germplasm" OR "germplasm bank" OR "germplasm collection")
Intervenção	Estudos sobre métodos de conservação <i>ex situ</i> , <i>in vitro</i> , <i>on-farm</i> ou por criopreservação	Estudos sem informações sobre técnicas de conservação	("genetic resources" OR "genetic diversity" OR "genetic variation" OR "genetic variability") Cadeia de busca booleana: ("Ananas comosus" OR pineapple OR "pineapple germplasm" OR "pineapple diversity")
Resultado/ Área temática	Dados sobre diversidade genética, número de acessos, manutenção institucional, envolvimento de comunidades ou colaboração internacional	Estudos sem dados genéticos ou que não apresentem informações descritivas ou institucionais	AND ("germplasm" OR "germplasm bank" OR "germplasm collection") AND ("genetic resources" OR "genetic diversity" OR "genetic variation" OR "genetic variability")
Tipo de estudo	Artigos originais de pesquisa com revisão por pares	Artigos de revisão, dissertações, livros, resumos, artigos de opinião	Filtro por tipo de artigo: Apenas artigos de pesquisa

2.4 Avaliação de risco de viés

Fontes potenciais de viés nesta revisão sistemática incluem os critérios de inclusão e exclusão, a seleção das bases de dados (Scopus, Web of Science e SciELO), a restrição a três idiomas (inglês, português e espanhol) e o intervalo de tempo das publicações (2014–2025). Esses filtros podem ter limitado a inclusão de estudos relevantes publicados em outros idiomas ou indexados em bases de dados não selecionadas.

Além disso, pode haver viés decorrente da exclusão da literatura cinzenta, como teses, anais de congressos e relatórios institucionais, os quais podem conter informações valiosas sobre a conservação do germoplasma de *Ananas comosus* em contextos locais ou tradicionais. A decisão de incluir somente artigos de pesquisa com revisão por pares também pode ter excluído estudos que relatam conhecimentos contextuais ou comunitários relevantes para práticas de conservação tradicionais, ou sub-representadas.

Embora as etapas de triagem e extração de dados tenham seguido uma metodologia padronizada, pode ter ocorrido subjetividade, especialmente ao determinar se um estudo atendia

a todos os critérios de elegibilidade. Para mitigar esse risco, a revisão seguiu um protocolo estruturado e utilizou o software START para garantir transparência, consistência e rastreabilidade em todas as fases do processo de revisão.

3. RESULTADOS

3.1 Pesquisa de literatura

Um total de 48 artigos foi identificado por meio de buscas nas seguintes bases de dados: 23 na Web of Science, 21 na Scopus e 4 na SciELO. Após a remoção de 12 registros duplicados, 36 artigos foram selecionados para triagem de títulos e resumos. Nessa etapa, dois artigos foram excluídos por não tratarem especificamente do tema relacionado a *Ananas comosus* (abacaxi).

Conseqüentemente, 34 artigos foram avaliados por meio da leitura do texto completo. Durante essa fase, 12 artigos foram excluídos: 5 por duplicação entre bases e 7 por não atenderem aos critérios de inclusão previamente definidos.

Ao final, 22 artigos foram selecionados para inclusão na revisão sistemática, juntamente com 7 artigos adicionais identificados por meio de busca ativa. Embora não tenham sido recuperados nas bases selecionadas, esses artigos foram considerados altamente relevantes para os objetivos da pesquisa (Figura 1).

Ao final, 22 artigos foram selecionados para inclusão na revisão sistemática, juntamente com 7 artigos adicionais identificados por meio de busca ativa. A realização dessa busca ativa foi necessária para complementar as lacunas da pesquisa nas bases selecionadas, uma vez que determinados estudos relevantes, especialmente aqueles produzidos por instituições nacionais e regionais de pesquisa ou publicados em periódicos de circulação restrita.

Essa estratégia permitiu incorporar informações essenciais sobre Bancos Ativos de Germoplasma de abacaxi que, embora não recuperadas pela busca inicial, apresentavam dados originais e alinhados aos objetivos desta revisão, garantindo maior abrangência e representatividade dos resultados obtidos (Figura 1).

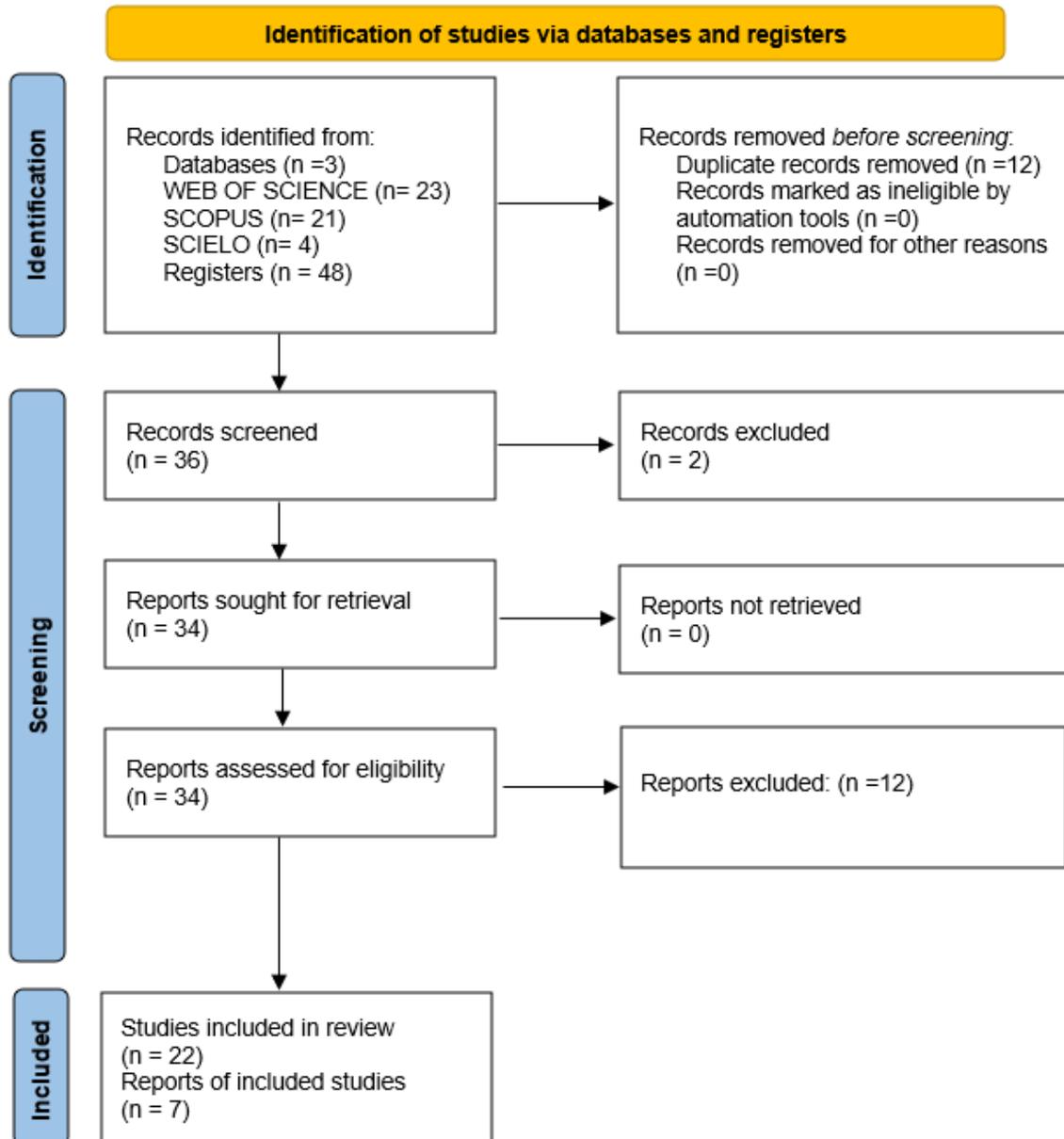


Figura 1. Diagrama de fluxo com os resultados da busca na literatura (Web of Science, Scopus e SciELO) (PAGE et al., 2021). Fonte: Lima (2025).

3.2 Distribuição geográfica dos Bancos Ativos de Germoplasma de abacaxi

A distribuição geográfica dos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* incluídos nesta revisão sistemática (Tabela 2) revela uma forte concentração em países tropicais da América Latina e da Ásia (Figura 2).

O Brasil se destacou como o principal centro de conservação, representando 41% (n = 12) dos estudos revisados. Essa proeminência é atribuída aos seus amplos programas nacionais de germoplasma, coordenados pela EMBRAPA e instituições parceiras (tabela 2 e 3).

Cuba apareceu em seguida com 21% (n = 6), refletindo também um compromisso institucional de longa data com a conservação *ex situ* e *in vitro*, por meio de centros como o Bioplant.

Na Ásia, a China contribuiu com 14% dos estudos (n = 4), servindo como referência para bancos *in vitro* e caracterização molecular. Os Estados Unidos e a Colômbia corresponderam a 7% cada (n = 2), destacando a relevância de instituições como o USDA e a AGROSAVIA.

Outros países com menor frequência, mas ainda relevantes para os esforços regionais de conservação, incluem Malásia (4%, n = 1), México (3%, n = 1) e Peru (3%, n = 1). A tabela 3 apresenta a síntese da distribuição geográfica dos BAGs de abacaxi identificados nesta revisão, destacando os países com maior número de registros

Essa distribuição espacial confirma que os BAGs de abacaxi estão majoritariamente localizados em regiões tropicais, muitas das quais possuem tradição agrícola consolidada e políticas públicas voltadas à conservação da agrobiodiversidade.

Tabela 2. Distribuição geográfica dos estudos sobre Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* incluídos na revisão sistemática, de acordo com continente, zona climática, país e número de publicações.

Continente	Zona climática	País	Número de estudos
América do Sul	Tropical	Brasil	12
		Colômbia	2
		Peru	1
América Central	Subtropical	Cuba	6
América do Norte	Tropical	EUA (Havaí)	2
		México	1
Ásia	Tropical/	China	4
	Subtropical	Malásia	1

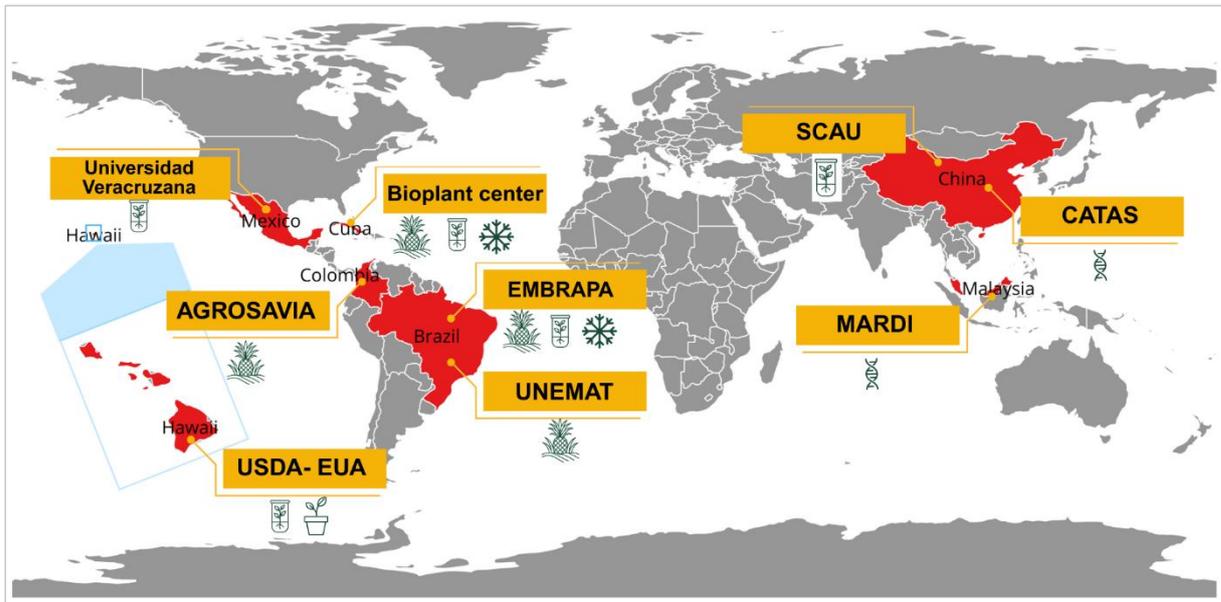


Figura 2. Distribuição geográfica dos principais Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus*. Os países em vermelho indicam a presença de instituições-chave de conservação. Os ícones representam os métodos de conservação utilizados: conservação em campo, micropropagação, banco de DNA, cultivo em vasos e criopreservação. Fonte: Elaborado no QGIS com adaptação por Lima (2025).

Tabela 3. Países, instituições e número de estudos sobre Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* identificados na revisão sistemática.

País/ Países	BAG	Número de estudos
Brasil	EMBRAPA	11
	UNEMAT	1
Colômbia	AGROSAVIA	2
Cuba	BIOPANT CENTER	6
EUA (Havaí)	USDA-EUA	2
México	UNIVERSIDADE VERACRUZANA	1
China	CATAS	1
	SCAU	3
Malásia	MARDI	1

O número de acessos de *Ananas comosus* preservados pelas principais instituições de conservação de germoplasma identificadas nos estudos revisados é representado pela figura 3.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura, no Brasil, se destaca por manter aproximadamente 700 acessos, constituindo a maior coleção individual do mundo. O USDA- ARS Tropical Plant Genetic Resources and Disease Research, no Havaí, aparece em seguida, com cerca de 180 acessos, destacando-se por sua atuação em diagnósticos moleculares e pesquisas fitossanitárias.

Outras instituições incluindo o MARDI- Malaysian Agriculture Research and Development Institute (Malásia), a AGROSAVIA- Centro de Investigación Palmira e Centro de Investigación La Libertad. (Colômbia), o Centro Biopant (Cuba) e o CATAS- Tropical

Crops Genetic Resources Institute (China) conservam entre 60 e 90 acessos cada. Isso reforça a assimetria geográfica já discutida.

Embora a América Latina e partes da Ásia liderem em volume de coleções, grandes regiões produtoras de abacaxi, como Indonésia e Filipinas, não estão representadas entre os principais centros de conservação.

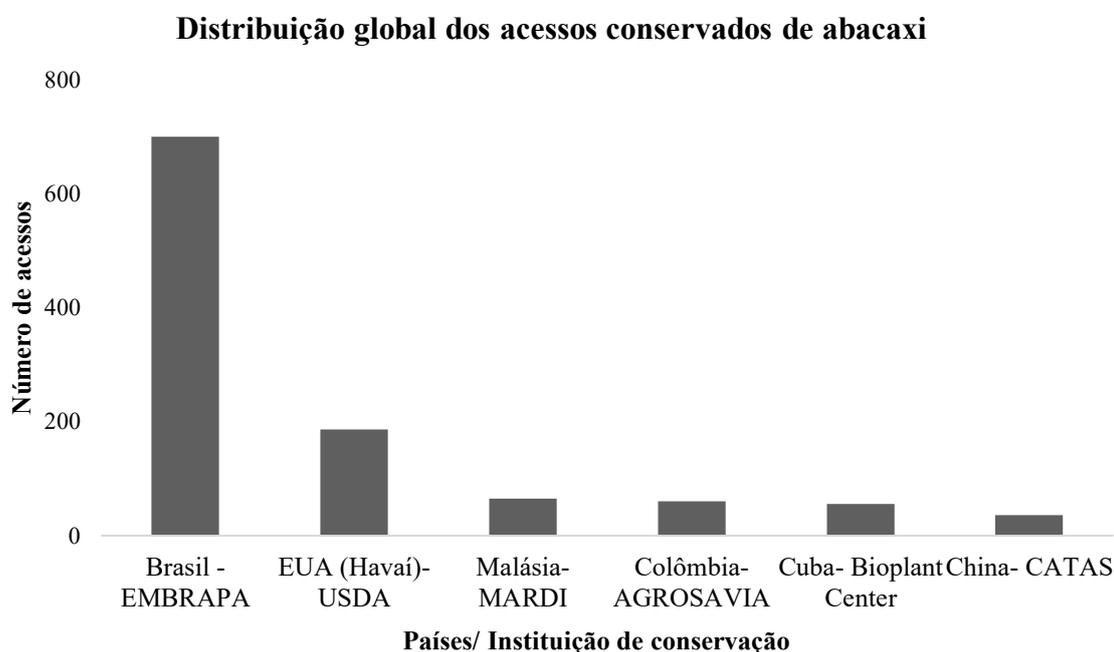


Figura 3. Número de acessos de *Ananas comosus* conservados por país e instituição. Fonte: Lima (2025).

3.3 Composição taxonômica e genética das variedades conservadas

Os estudos analisados nesta revisão sistemática revelaram que os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) conservam três principais categorias de germoplasma de *Ananas comosus*: variedades botânicas, cultivares comerciais e cultivares tradicionais/regionais.

3.3.1 Variedades botânicas

A variedade botânica mais consistentemente representada foi *Ananas comosus* var. *comosus*, documentada em todos os estudos. Este táxon corresponde à principal forma domesticada da espécie e serve como base genética para a maioria dos cultivares comerciais em escala global. Sua ubiquidade nos BAGs reflete tanto seu valor agrônômico quanto a pressão seletiva histórica exercida durante o processo de domesticação.

Outras variedades botânicas também foram relatadas, como *Ananas comosus* var. *bracteatus* (n = 12), *Ananas comosus* var. *erectifolius* (n = 9) e *Ananas comosus* var. *ananassoides* (n = 8), além de menções ocasionais a *Ananas comosus* var. *parguazensis* e híbridos interespecíficos (Tabela 4 e Figura 4).

Tabela 4. Variedades botânicas de *Ananas comosus* registradas nos bancos de germoplasma analisados, com frequência de ocorrência e principal uso.

Variedades botânicas	Número de estudos	Notas sobre uso
<i>A. comosus</i> var. <i>comosus</i>	Todos os estudos	Cultivares comerciais
<i>A. comosus</i> var. <i>bracteatus</i>	12	Ornamental, base genética para híbridos
<i>A. comosus</i> var. <i>ananassoides</i>	8	Estudos de adaptação rústica
<i>A. comosus</i> var. <i>erectifolius</i>	9	Produção de fibras
<i>A. comosus</i> var. <i>parguazensis</i>	4	Valor etnobotânico

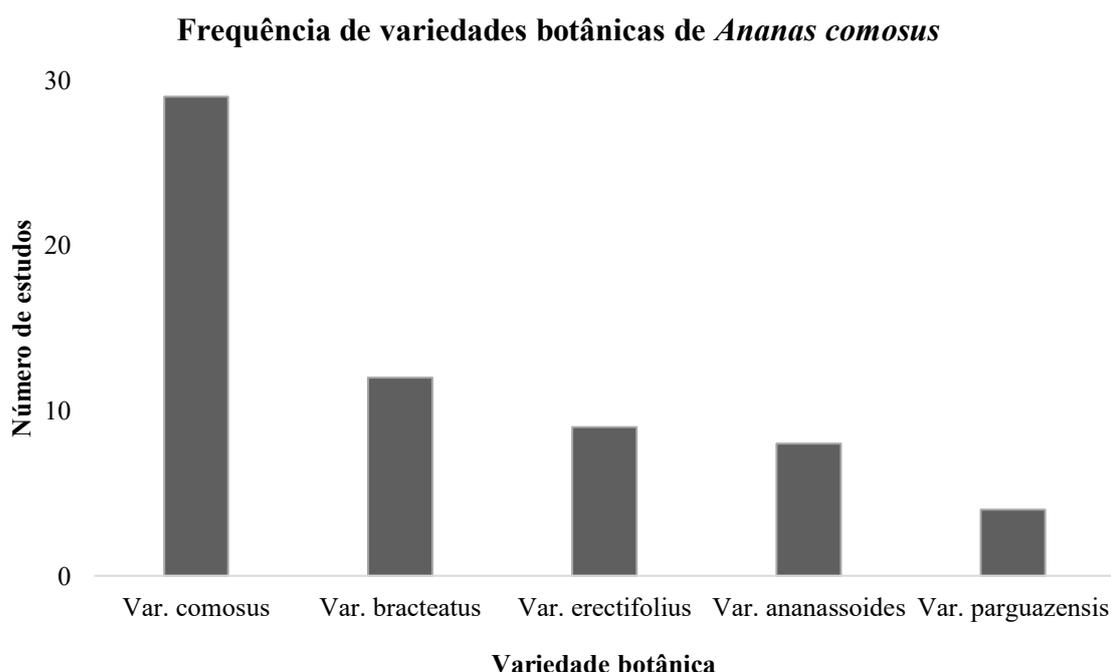


Figura 4. Frequência das variedades botânicas de *Ananas comosus* registradas em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), com base na revisão sistemática. Fonte: Lima (2025).

3.3.2 Cultivares comerciais

Em relação às variedades comerciais, o cultivar mais frequentemente conservado nos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) foi o MD-2, citado em 15 (31%) estudos e identificado em bancos da Colômbia, Cuba, Brasil e México. Em seguida, destacam-se o Smooth Cayenne ($n = 8$) 17%, amplamente presente no Brasil, México e Cuba, e o Red Spanish ($n = 7$) 15%, registrado exclusivamente em bancos cubanos (Tabela 5 e Figura 5).

O cultivar Pérola apareceu em seis estudos e é específico do Brasil, enquanto outros cultivares brasileiros como Imperial, Vitória e Pernambuco foram mencionados em dois estudos cada. Variedades menos frequentes, porém, de importância regional, incluíram o

Golden Pineapple (Peru), White Pineapple (Cuba) e Barone Rothschild (Cuba), cada uma citada em 2 (4%) estudos (Tabela 5).

Frequência de ocorrência de cultivares comerciais de abacaxi citadas nos estudos

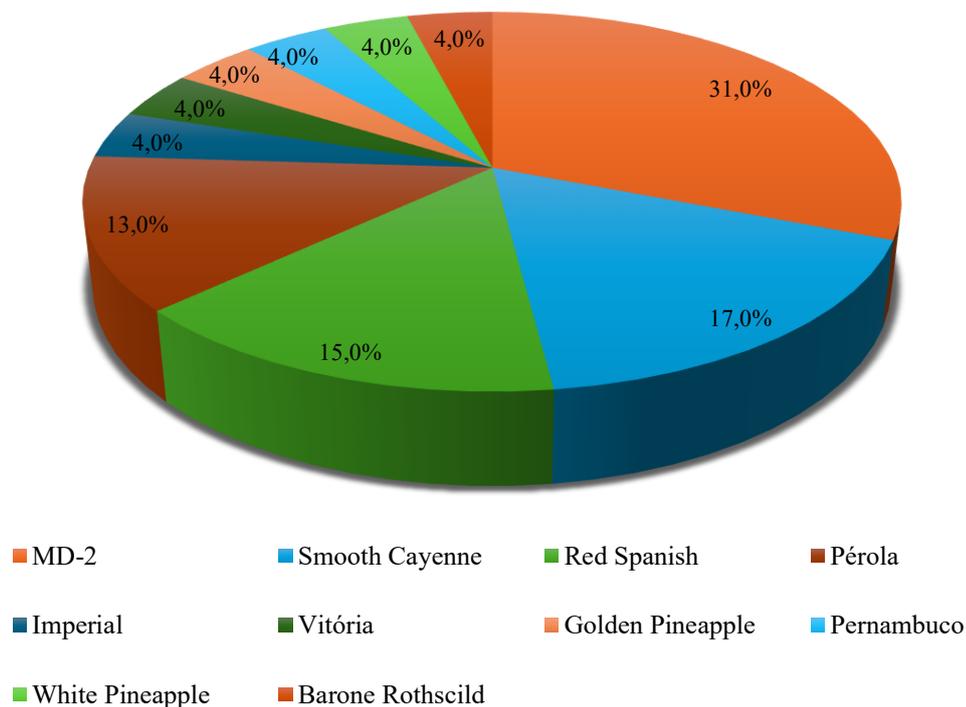


Figura 5. Frequência de ocorrência das principais cultivares comerciais de *Ananas comosus* L. Merrill citadas nos estudos analisados na revisão sistemática. Fonte: Lima (2025).

Tabela 5. Cultivares comerciais de *Ananas comosus* identificados em bancos ativos de germoplasma, incluindo o número de estudos em que foram relatados e os respectivos países de conservação.

Cultivar comercial	Número de estudos	País/Países
MD- 2	15	Colômbia, Cuba, Brasil, México
Smooth Cayenne	8	Brasil, México, Cuba
Red Spanish	7	Cuba
Pérola	6	Brasil
Imperial	2	Brasil
Vitória	2	Brasil
Golden Pineapple	2	Peru
Pernambuco	2	Brasil, Cuba
White Pineapple	2	Cuba
Barone Rothschild	2	Cuba

3.3.3 Cultivares tradicionais/regionais

Os cultivares tradicionais e regionais foram menos frequentes do que os comerciais, mas constituem uma diversidade genética relevante e com reconhecimento local. Esses cultivares foram registrados principalmente em países da América Latina e da Ásia, com destaque para Colômbia, Brasil, Cuba, México e Malásia (Tabela 6).

Na Colômbia, os cultivares ‘Manzana’, ‘Mitú’, ‘Vaupés’ e ‘Criolla’ foram mencionados em até dois estudos. No Brasil, destacaram-se acessos como ‘Arroba de Tarauacá’ (n = 3), ‘Jandaíra’ e ‘Ajubá’. Cuba apresentou o maior número de cultivares tradicionais distintos, com referências a ‘Manzana’, ‘Cubana’, ‘Ocaena’ (n = 3), além de ‘Pinares’ e ‘Cabezona’ (n = 2 cada), e outros como ‘Guamasurena’ e ‘Florencia’. No México, foi citado o cultivar ‘Criolla’ (n = 1). Na Malásia, os cultivares ‘SG Spinal local’ e ‘LTSG’ foram registrados, cada um mencionado em um único estudo (Tabela 6).

Tabela 6. Cultivares tradicionais ou regionais de *Ananas comosus* identificados em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), por país de origem e número de estudos em que foram citados.

País	Cultivares tradicionais/ regionais	Número de estudos
Colômbia	Perolera	1
	Manzana	2
	Mayanez	2
	Mitú	1
	Vaupés	1
	Criolla	2
	Santa Marta	1
Brasil	Arroba de Tarauacá	3
	Prazeres	1
	Jandaíra	1
	Ajubá	1
Cuba	Colorada del Caney	2
	Colorada del Ramón	1
	Spanish purple	1
	Cubana	2
	Ocaena	2
	Guamagueyana	1
	Pinareña	2
	Cabezona	2
	Mocaena	1
Santa Marta	1	
Florencia	1	

País	Cultivares tradicionais/ regionais	Número de estudos
México	Criolla	1
Malásia	SG Spinal Local	1
	LTSG	1

3.4 Estratégias de conservação: abordagens *ex situ* e *in situ*

Os métodos de conservação adotados nos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* foram agrupados em duas categorias principais: *ex situ* e *in situ/on-farm*, sendo a estratégia *ex situ* a mais amplamente empregada.

3.4.1 *In situ*: envolvimento com povos tradicionais

A conservação *in situ* ou *on-farm* foi documentada em três estudos, com iniciativas registradas na Colômbia, em Cuba e no Brasil (Tabela 7). Essas ações envolvem o engajamento direto de comunidades tradicionais, que desempenham um papel ativo na manutenção de variedades locais de *Ananas comosus* em seus agroecossistemas.

Na Colômbia, as práticas de conservação foram observadas entre povos indígenas da região do sopé amazônico. Em Cuba, as atividades foram conduzidas por comunidades do leste do país. No Brasil, a preservação ocorre em quintais urbanos mantidos por famílias (Tabela 7).

Esses registros evidenciam a participação comunitária na conservação dinâmica dos recursos genéticos, permitindo a contínua adaptação das variedades às condições ambientais locais e aos sistemas culturais de cultivo.

Tabela 7. Estratégias de conservação *in situ* aplicadas a *Ananas comosus*, envolvendo comunidades tradicionais.

Conservação <i>In situ</i>	Povos tradicionais	País	Estudos
<i>On-farm</i>	Povos indígenas da Amazônia, região de Piemonte	Colômbia	Aguilera-Arango et al. (2022)
	Comunidade da região leste de Cuba	Cuba	Rodríguez-Alfonso et al. (2017)
	Quintais urbanos	Brasil	Silva et al. (2018)

3.4.2 *Ex situ*: estratégias de conservação e arranjos institucionais

Os métodos de conservação *ex situ* para *Ananas comosus* foram predominantes nos estudos analisados, abrangendo bancos de campo, cultivo *in vitro*, criopreservação, micropropagação e bancos de DNA (Tabela 8).

No Brasil, a EMBRAPA foi a principal instituição citada, empregando todas essas estratégias de conservação. Bancos de campo mantidos pela UNEMAT também foram

identificados. Na Colômbia, destacaram-se a AGROSAVIA e o Instituto Colombiano Agropecuário (ICA), ambos operando bancos de campo. Em Cuba, o Centro Bioplant foi responsável pela conservação *in vitro*, criopreservação e micropropagação (Tabela 8).

Nos Estados Unidos, o USDA-ARS relatou a conservação *in vitro* e o cultivo de acessos em vasos. Na Malásia, o MARDI foi mencionado como responsável por um banco de DNA. Na China, foram registradas iniciativas no CATAS (banco de DNA) e na SCAU (cultivo *in vitro*). O México foi representado por um estudo da Universidad Veracruzana que relatou a conservação *in vitro* (Tabela 8).

Os bancos de campo foram o método de conservação mais comum (76% dos estudos), seguidos pelo cultivo *in vitro* (52%), criopreservação (28%), micropropagação (24%) e bancos de DNA (17%).

As publicações entre 2014 e 2018 documentaram majoritariamente bancos de campo (85% dos estudos desse período), enquanto publicações mais recentes (2019–2025) demonstraram um aumento nos relatos de conservação *in vitro* (67%) e criopreservação (41%).

Tabela 8. Métodos de conservação *ex situ* para *Ananas comosus* identificados nos estudos incluídos na revisão sistemática, indicando as instituições responsáveis, os países e as respectivas referências.

Conservação <i>Ex situ</i>	Instituição	País	Estudo
Banco de campo	AGROSAVIA- Centro de Investigación Palmira e Centro de Investigación La Libertad.	Colômbia	Aguilera-Arango et al. (2022)
			Delgado-Huertas et al. (2015)
			Souza et al. (2019)
Banco de campo	EMBRAPA	Brasil	Silva et al. (2021)
			Silva et al. (2018)
<i>In vitro</i>			Souza et al. (2016)
Criopreservação			Castro et al. (2022)
Micropropagação			Silva et al. (2017)
			Souza et al. (2018)
			Souza et al. (2017)
			Silva et al. (2016)
			Souza et al. (2019)
			Guerra et al. (2021)
Banco de DNA	CATAS- Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences	China	Wang et al. (2017)
<i>In vitro</i>	USDA- ARS Tropical Plant Genetic Resources and Disease Research	EUA (Havai)	Larrea-Sarmiento et al. (2022)
Cultivado em vaso			Zhou et al. (2015)

Conservação <i>Ex situ</i>	Instituição	País	Estudo
Banco de DNA	MARDI-Malaysian Agriculture Research and Development Institute	Malásia	Ismail et al. (2020)
			Rodríguez-Alfonso et a. (2017)
			Villalobos-Olivera et al. (2019)
Banco de campo <i>In vitro</i> Criopreservação Micropropagação	Bioplant Center	Cuba	Rodríguez-Alfonso et a. (2020)
			Villalobos-Olivera et al. (2019)
			Villalobos-Olivera et al. (2021)
			Villalobos-Olivera et al. (2021)
			Zhang et al. (2022)
<i>In vitro</i>	SCAU (South China Agricultural University)	China	Jia et al. (2024)
			Zhang et al. (2023)
Banco de campo	UNEMAT (Mato Grosso State University)	Brasil	Melão et al. (2015)
<i>In vitro</i>	Universidad Veracruzana	México	Rodríguez-Alfonso et a. (2017)

3.5 Instituições responsáveis pela conservação dos Bancos Ativos de Germoplasma de abacaxi

A rede de colaboração internacional entre as instituições responsáveis pelos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus*, ilustrada na figura 6, com base em conexões técnico-científicas documentadas e no número estimado de acessos conservados.

A dimensão dos nós indica o volume de acessos mantidos por cada instituição, enquanto a cor dos nós representa a região geográfica correspondente (América do Sul, América do Norte, América Central, Ásia e Europa), conforme detalhado na Tabela 9.

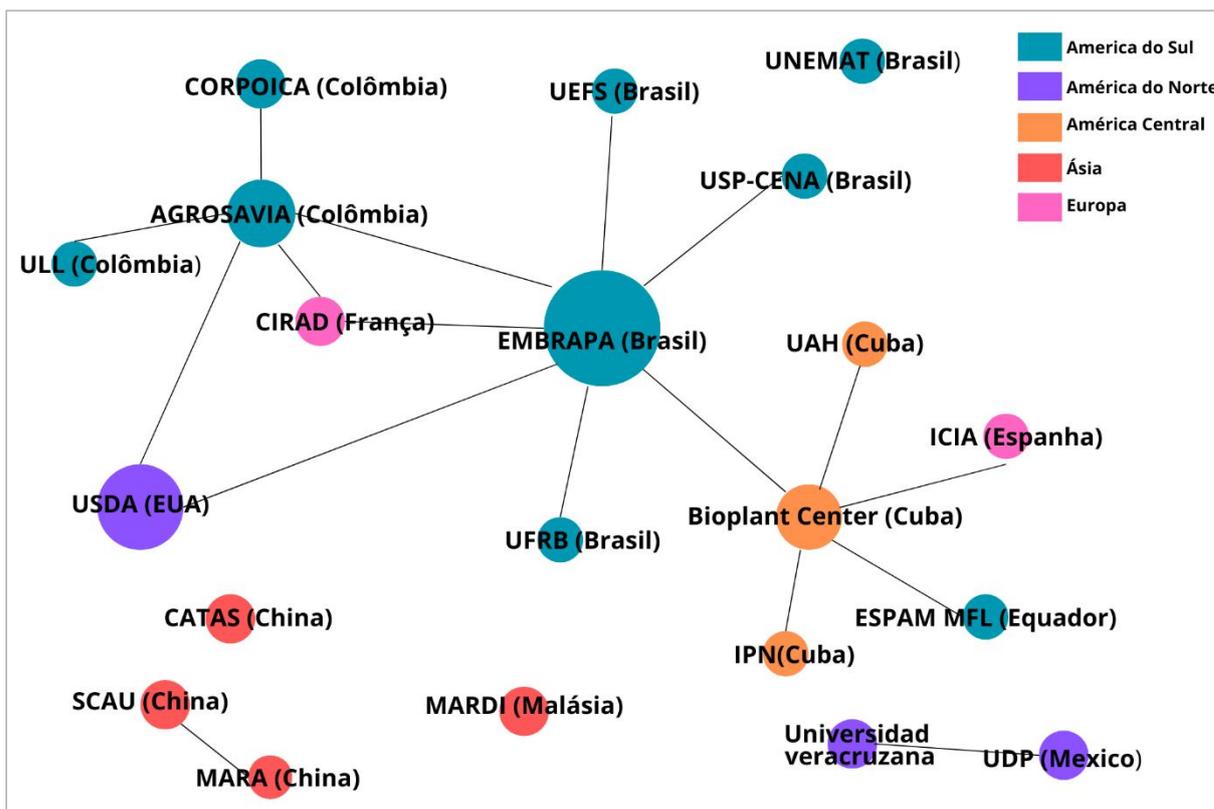


Figura 6. Rede de colaboração internacional entre instituições responsáveis pelos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus*. A dimensão dos nós indica o número de acessos conservados, e as cores representam as regiões geográficas. Fonte: Lima (2025).

As instituições responsáveis pelos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* estão localizadas majoritariamente em países tropicais, com destaque para Brasil, Colômbia, Cuba, China, Estados Unidos e Malásia (Tabela 9).

Entre elas, a EMBRAPA Mandioca e Fruticultura (Brasil) é a principal organização, detendo a maior coleção com cerca de 700 acessos e aplicando múltiplas estratégias de conservação (campo, *in vitro*, criopreservação, micropropagação), além de manter parcerias estratégicas com a UFRB, USP-CENA, Bioplants (Cuba) e USDA (EUA) (Tabela 9).

Na Colômbia, os BAGs são geridos pela AGROSAVIA e pelo Instituto Colombiano Agropecuário (ICA), com cerca de 60 acessos conservados, frequentemente em colaboração com o CIRAD-FLHOR (Martinica) e a Universidad de los Llanos (Tabela 9).

Nos Estados Unidos, a unidade USDA-ARS localizada no Havaí mantém aproximadamente 186 acessos ativos, com ênfase em vigilância fitossanitária e diagnóstico molecular, colaborando regularmente com a EMBRAPA e a AGROSAVIA. Outras instituições de destaque incluem o Centro Bioplant (Cuba), com cerca de 56 acessos, e o CATAS – Instituto de Recursos Genéticos de Cultivos Tropicais (China), com aproximadamente 36 acessos.

Ambas mantêm vínculos internacionais com universidades e centros de pesquisa da Europa e da América Latina (Tabela 9).

Na Malásia, o MARDI mantêm cerca de 65 acessos, embora os arranjos colaborativos específicos não estejam claramente documentados. Universidades como a UNEMAT (Brasil) e a Universidad Veracruzana (México) também foram identificadas como responsáveis por coleções menores, destacando o papel das instituições acadêmicas na conservação da diversidade genética do abacaxi (Tabela 9).

Os grandes centros de pesquisa (EMBRAPA, USDA-ARS, Centro Bioplant) utilizam múltiplas estratégias de conservação simultaneamente, enquanto instituições de porte médio (AGROSAVIA, MARDI, CATAS) tendem a se especializar em menos abordagens. Já as instituições acadêmicas (UNEMAT, Universidad Veracruzana) mantêm coleções menores, voltadas principalmente para variedades regionais.

Tabela 9. Instituições responsáveis pela conservação de *Ananas comosus* em Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), com seus respectivos números de acessos, países e articulações institucionais registradas nos estudos analisados.

Instituição	Número de acessos	País	Colaboração internacional
AGROSAVIA- Centro de Investigación Palmira e Centro de Investigación La Libertad.	~60	Colômbia	CIRAD-FLHOR (Martinica) CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) Universidad de los Llanos USDA EMBRAPA AGROSAVIA USDA Bioplants CIRAD
EMBRAPA	~700	Brasil	Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) Universidade de São Paulo – Centro de energia nuclear e Agricultura (USP-CENA)
CATAS-Tropical Crops Genetic Resources Institute	~36	China	Tropical Crops Genetic Resources Institute Pingdingshan University
USDA- ARS Tropical Plant Genetic Resources and Disease Research	~186	EUA (Havaí)	EMBRAPA AGROSAVIA
MARDI-Malaysian Agriculture Research and Development Institute	~65	Malásia	Não especificado

Instituição	Número de acessos	País	Colaboração internacional
			EMBRAPA
			Universidad Agraria de la Habana
			Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (Espanha)
Bioplant Center	~56	Cuba	National Polytechnic Institute – Guanajuato Campus (IPN)
			Higher Polytechnic Agricultural School of Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM MFL)
SCAU (South China Agricultural University)	Não especificado	China	Ministry of Agriculture and Rural Affairs (China)
UNEMAT (Universidade Estadual do Mato Grosso)	~19	Brasil	Não especificado
Universidad Veracruzana	Não especificado	Mexico	Universidad del Papaloapan (México)

4. DISCUSSÃO

4.1 Distribuição geográfica dos Bancos Ativos de Germoplasma de abacaxi

A distribuição espacial dos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* revela uma assimetria global na conservação dos recursos genéticos da espécie, com forte concentração em países tropicais e subtropicais da América Latina e da Ásia (Figura 2). Esse padrão geográfico reflete tanto o centro de origem e domesticação da cultura (COPPENS D’EECKENBRUGGE et al., 2018) quanto o desenvolvimento histórico de redes públicas de pesquisa agropecuária nessas regiões.

O Brasil destacou-se como o principal país tanto em volume de estudos quanto em número de acessos conservados. Doze artigos identificaram a Embrapa Mandioca e Fruticultura como a principal instituição responsável por coleções *ex situ* em campo e em laboratório (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2021; CASTRO et al., 2022).

A posição de destaque do Brasil na conservação de acessos de *Ananas comosus* e na produção científica sobre o tema está diretamente relacionada à existência de políticas nacionais de agrobiodiversidade e de um sistema de pesquisa descentralizado.

A Lei nº 13.123/2015 (BRASIL, 2015), que regula o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado, promove a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização desses recursos. Essa legislação estabeleceu um marco jurídico importante para o fortalecimento da pesquisa e da conservação da biodiversidade, exigindo o

registro e o monitoramento das atividades científicas, o que impulsionou a formalização de iniciativas institucionais como os bancos ativos de germoplasma.

A Embrapa desenvolveu diversos programas voltados à conservação genética, como o Programa Nacional de Recursos Genéticos, coordenado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Esse programa promove a coleta, caracterização, documentação, conservação e uso sustentável de germoplasmas vegetais, animais e microbianos (ABREU et al., 2022).

No caso do abacaxi, a Embrapa Mandioca e Fruticultura coordena um dos maiores bancos ativos de germoplasma da espécie no mundo desde a década de 1970, com mais de 700 acessos conservados em campo, em telados e como duplicatas de segurança *in vitro*. A instituição também mantém intercâmbios com parceiros nacionais e internacionais (SILVA et al., 2021). Esses mecanismos legais e programáticos demonstram o compromisso institucional do Brasil com a conservação da agrobiodiversidade, promovendo não somente a preservação genética, mas também a soberania científica sobre recursos nativos e cultivados.

A Amazônia brasileira abriga uma ampla diversidade de ecótipos locais e variedades tradicionais de abacaxi, ainda pouco caracterizados geneticamente. Esses materiais apresentam alto potencial adaptativo e relevância sociocultural, especialmente por serem manejados por comunidades indígenas e tradicionais, reforçando a necessidade de inclusão ativa desses recursos nas estratégias nacionais de conservação (GARCIA et al., 2024).

Iniciativas recentes têm buscado enfrentar essa lacuna, um exemplo é o projeto liderado pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), com apoio da Embrapa Amazônia Ocidental e do IDAM (Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas), que está estabelecendo um BAG de abacaxi na Fazenda Experimental da UFAM em Manaus.

Esse banco já conserva 54 acessos de abacaxis comestíveis coletados em diferentes municípios do Amazonas. A iniciativa visa promover a valorização e a conservação da agrobiodiversidade por meio da coleta, caracterização e conservação de germoplasma domesticado e cultivado por povos indígenas e agricultores familiares da Amazônia.

Cuba, embora apresente território e produção agrícola muito menores, foi o segundo país mais citado, com seis estudos associados a programas estruturados coordenados pelo Centro Bioplant, que mantém coleções *in vitro* e bancos de campo (VILLALOBOS-OLIVERA et al., 2019; RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2020).

Quando considerada a proporcionalidade, observa-se que a densidade de estudos publicados por área territorial ou por volume de produção é significativamente maior em Cuba

do que no Brasil, sugerindo muita priorização da conservação em relação à sua escala produtiva e geográfica. Esse dado reforça que a interpretação de números absolutos de publicações deve ser feita com cautela, uma vez que países com dimensões e capacidades produtivas distintas podem apresentar intensidades de esforço científico e institucional muito diferentes quando analisados sob métricas relativas.

Embora a Colômbia tenha apresentado menor número de publicações, demonstrou forte articulação regional por meio da AGROSAVIA e de parcerias com instituições internacionais como o CIRAD e o USDA (AGUILERA-ARANGO et al., 2022; DELGADO-HUERTAS et al., 2015). Isso indica que, além do número de acessos, a integração institucional é estratégica para o fortalecimento dos esforços de conservação.

A participação da China, com foco em técnicas *in vitro* e caracterização molecular, está alinhada com um investimento nacional mais amplo em biotecnologia e melhoramento genético (ZHANG et al., 2022; JIA et al., 2024). Embora responda por 14% dos estudos, instituições como CATAS e SCAU contribuem significativamente para os avanços tecnológicos na conservação do germoplasma do abacaxi.

Nos Estados Unidos, a unidade do USDA-ARS no Havaí atua como centro de referência em diagnóstico molecular e segurança fitossanitária, enquanto na Malásia, o instituto MARDI mantém um banco de DNA com cerca de 65 acessos (LARREA-SARMIENTO et al., 2022; ISMAIL et al., 2020). Contudo, países da África e partes da Ásia e do Pacífico permanecem sub-representados, o que pode refletir disparidades em financiamento à pesquisa, capacidade institucional ou visibilidade das publicações. O desequilíbrio significativo nos esforços globais de conservação levanta preocupações quanto à preservação abrangente da diversidade genética. Embora o Brasil mantenha 61% dos acessos documentados, essa concentração cria uma vulnerabilidade na rede global de conservação.

A ausência de BAGs documentados na África é particularmente preocupante, dado o potencial do continente em oferecer adaptações genéticas únicas, relevantes para a resiliência climática e resistência a doenças. Esse descompasso entre a importância produtiva e os esforços de conservação genética é exemplificado por Indonésia e Filipinas, primeiro e segundo maiores produtores mundiais de abacaxi, respectivamente, mas com programas de conservação minimamente documentados. Essa desconexão representa uma lacuna crítica na estratégia de conservação global (LARREA-SARMIENTO et al., 2022).

A assimetria observada na distribuição geográfica dos BAGs de *Ananas comosus* torna-se ainda mais crítica quando relacionada ao centro de origem e diversidade da espécie,

localizado na América do Sul tropical, com destaque para a região amazônica (COPPENS D'EECKENBRUGGE et al., 2018).

Embora o Brasil, que abriga uma parte significativa desse centro de diversidade, concentre o maior número de acessos conservados, outras áreas de alta diversidade genética como partes da bacia amazônica peruana, colombiana e equatoriana permanecem sub-representadas em coleções formalmente documentadas (DELGADO-HUERTAS et al., 2015; AGUILERA-ARANGO et al., 2022; DELGADO-PAREDES et al., 2021).

Essa lacuna compromete a representatividade evolutiva e ecológica das coleções de germoplasma, reduzindo seu potencial para enfrentar desafios futuros relacionados às mudanças climáticas, resistência a doenças e produção sustentável.

Esses achados reforçam a necessidade de ampliar a cooperação entre BAGs nacionais e redes globais de conservação, como a Global Crop Diversity Trust e o Global Information System (GLIS/FAO). O fortalecimento dessas articulações permitiria uma gestão mais eficiente da diversidade genética, redução de redundâncias, intercâmbio seguro de materiais e a inclusão de ecótipos sub-representados de regiões pouco estudadas, como os valiosos materiais genéticos da Amazônia.

4.2 Variedades conservadas

As variedades conservadas nos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus* demonstram não somente a amplitude da diversidade genética preservada, mas também o papel estratégico dessas instituições na manutenção e valorização de recursos genéticos vegetais de importância socioeconômica. Nesta revisão sistemática, as variedades foram classificadas em três categorias principais: variedades botânicas, cultivares comerciais e cultivares tradicionais ou regionais, cada uma com funções distintas e complementaridades agronômicas.

4.2.1 Variedades botânicas

A predominância de *Ananas comosus* var. *comosus* em todos os estudos analisados, reforça seu status como a principal forma domesticada da espécie. Amplamente utilizada em programas de melhoramento genético e na produção comercial, essa variedade serve de base genética para diversos cultivares cultivados nacional e internacionalmente (SOUZA et al., 2019; GUERRA et al., 2021). Sua alta frequência nos BAGs confirma não somente sua adaptabilidade agronômica, mas também seu papel-chave na segurança alimentar e no abastecimento do mercado global de abacaxi (FAO, 2024).

Outras variedades botânicas, como *Ananas comosus* var. *bracteatus*, *erectifolius* e *ananassoides*, também foram destacadas em diversos bancos de germoplasma, especialmente no Brasil, em Cuba e na China. Essas variedades apresentam características morfológicas e fisiológicas únicas, incluindo rusticidade, resistência a estresses ambientais e potencial ornamental.

São conservadas não somente por seu valor genético, mas também por aplicações específicas em melhoramento, produção de fibras e usos etnobotânicos. Estudos de Guerra et al. (2021), Souza et al. (2019) e Zhang et al. (2023) confirmam a presença e o manejo dessas variedades em coleções estratégicas, demonstrando o interesse por uma base genética mais ampla para a conservação e a diversificação dos usos de *Ananas comosus*.

A. comosus var. *bracteatus*, por exemplo, é valorizada pelo seu potencial ornamental, enquanto *A. comosus* var. *erectifolius* e *A. comosus* var. *ananassoides* vêm sendo investigadas para produção de fibras e adaptação a ambientes mais adversos (SILVA et al., 2017; ZHANG et al., 2023). Sua presença demonstra esforços de conservação de germoplasma que vão além do foco produtivo, incorporando objetivos relacionados à pesquisa, valorização da biodiversidade e múltiplos usos finais.

O padrão de distribuição geográfica das variedades botânicas revela informações importantes sobre prioridades de conservação e centros naturais de diversidade. A presença exclusiva de *A. comosus* var. *parguazensis* em coleções sul-americanas está alinhada com sua distribuição natural, destacando a importância de esforços regionais para preservar diversidades genéticas endêmicas.

A conservação abrangente das cinco variedades botânicas em coleções brasileiras contrasta com o foco mais limitado das coleções asiáticas, sugerindo diferentes prioridades institucionais e abordagens distintas ao uso dos recursos genéticos. Esse padrão de conservação das variedades botânicas tem implicações importantes para programas futuros de melhoramento genético, especialmente aqueles voltados para resiliência climática.

As variedades botânicas menos comuns frequentemente abrigam traços adaptativos a condições de estresse que podem se tornar cada vez mais valiosos frente às mudanças climáticas. A sub-representação dessas variedades fora de seus centros de origem cria vulnerabilidades no sistema global de conservação.

4.2.2 Cultivares comerciais

A análise dos dados revela forte presença de cultivares comerciais amplamente difundidos nos BAGs de *Ananas comosus*, destacando o papel estratégico desses materiais na sustentação da base produtiva global da espécie.

O cultivar MD-2, identificado em quinze estudos, foi o mais frequentemente conservado, estando presente em bancos na Colômbia, Cuba, Brasil e México (SOUZA et al., 2019; RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2020; WANG et al., 2017). Seu domínio está diretamente relacionado à ampla adoção no comércio internacional de frutas frescas, devido à alta produtividade, resistência ao transporte e perfil sensorial preferido pelo mercado (RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2017; WANG et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

Outros cultivares relevantes incluem Smooth Cayenne e Red Spanish. O primeiro, detectado em oito estudos, continua sendo uma variedade de referência em programas de melhoramento e na produção industrial, especialmente para processamento. O segundo, registrado somente em bancos cubanos ($n = 7$), representa uma linhagem histórica valorizada por sua resistência a doenças e cultivo em pequena escala com potencial para mercados locais e orgânicos (VILLALOBOS et al., 2019; RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2020).

A presença notável do cultivar Pérola ($n = 6$) em bancos brasileiros ressalta sua importância regional, tanto econômica quanto histórica. Desenvolvido a partir de seleções locais, o Pérola é um dos principais cultivares utilizados na produção nacional voltada para o mercado interno (SOUZA et al., 2018; SILVA et al., 2021).

O padrão de conservação dos cultivares comerciais revela uma tendência preocupante à uniformidade genética na produção global de abacaxi. Com o MD-2 presente em 52% dos estudos e dominando os mercados internacionais, a cadeia produtiva está potencialmente vulnerável a pragas e doenças emergentes que atinjam essa base genética restrita. Essa situação espelha vulnerabilidades históricas observadas em outras culturas com diversidade genética limitada, como a banana (Cavendish) e a batata antes da fome irlandesa.

A especificidade regional de certos cultivares comerciais, como Pérola no Brasil e Red Spanish em Cuba, representa um importante contrapeso a essa tendência. Essas variedades frequentemente apresentam adaptações a condições locais e preferências de consumo que contribuem para a resiliência agrícola e a soberania alimentar. Sua conservação em BAGs nacionais ajuda a manter opções de diversificação frente às mudanças no mercado ou nas pressões ambientais.

Além disso, os cultivares brasileiros Imperial, Vitória e Pernambuco, embora menos frequentes ($n = 2$ cada), ilustram os esforços de instituições como a Embrapa para ampliar o

portfólio de cultivares disponíveis para diferentes condições edafoclimáticas e nichos de mercado.

Cultivares regionais como o Golden Pineapple (Peru) e os cultivares cubanos White Pineapple e Baronne Rothschild também foram registrados, ainda que com menor frequência. A inclusão desses materiais demonstra que os BAGs não se limitam à conservação de cultivares amplamente difundidos, mas reconhecem o valor estratégico de linhagens regionais com atributos específicos, como sabor, rusticidade ou importância cultural (RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2020).

A análise comparativa entre os principais países produtores de abacaxi e aqueles com BAGs documentados revela uma assimetria significativa entre capacidade produtiva e esforços de conservação. Embora países como Filipinas e Indonésia liderem o ranking mundial de produção (FAO, 2023), não foi encontrada, na literatura analisada, nenhuma evidência de que esses países mantenham BAGs estruturados ou programas sistemáticos de conservação genética para a espécie.

Essa lacuna de esforços de conservação não implica apenas riscos agronômicos e ambientais, mas também fragiliza a soberania genética e tecnológica desses países. A ausência de BAGs próprios ou de programas nacionais robustos de conservação torna nações como Filipinas e Indonésia potencialmente dependentes de empresas transnacionais ou de centros de pesquisa estrangeiros para o acesso a materiais genéticos, cultivares melhorados e tecnologias de propagação.

Tal dependência reduz a autonomia para desenvolver variedades adaptadas às condições locais, limita a capacidade de resposta a emergências fitossanitárias e restringe a participação nos benefícios econômicos derivados da utilização de seus próprios recursos genéticos. À luz das diretrizes estabelecidas pelo Protocolo de Nagoya, instrumento internacional que regula o acesso aos recursos genéticos e promove a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes de seu uso (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2011).

A ausência de mecanismos nacionais de conservação e documentação compromete o controle soberano sobre a biodiversidade cultivada. Tal cenário pode repercutir diretamente na competitividade e na resiliência desses países no mercado global de frutas tropicais, agravando vulnerabilidades frente a estresses bióticos, abióticos e às flutuações comerciais.

Em contraste, países como Brasil, Cuba e China, mesmo sem estarem entre os maiores produtores globais, demonstram investimentos robustos em infraestrutura de conservação,

incluindo coleções *ex situ*, repositórios *in vitro* e bancos de DNA. Essa dissociação entre produção e conservação reflete uma fragilidade estrutural no panorama global da cultura, em que a preservação da diversidade genética não acompanha a expansão da produção comercial.

A conservação de cultivares comerciais amplamente cultivados e adaptados regionalmente como Pérola (Brasil), Red Spanish (Cuba) e Golden Pineapple (Peru) destaca o papel estratégico dos BAGs nacionais não somente na preservação da agrobiodiversidade, mas também na oferta de materiais geneticamente diversos adaptados às condições locais, com potencial para fortalecer a resiliência agrícola e a segurança alimentar em escalas regional e global.

Esses resultados indicam que os BAGs de *Ananas comosus* cumprem um papel duplo: apoiam a conservação de cultivares dominantes para manter a estabilidade da cadeia produtiva e, ao mesmo tempo, preservam uma base genética diversa para atender às futuras necessidades de adaptação climática, mudanças de mercado e resistência fitossanitária.

4.2.3 Cultivares tradicionais/regionais

Com base na análise dos estudos incluídos nesta revisão sistemática, os cultivares tradicionais e regionais de *Ananas comosus*, embora menos frequentes que os comerciais, representam uma parcela significativa da diversidade genética conservada em BAGs. Esses cultivares foram identificados principalmente em países da América Latina e da Ásia, incluindo Colômbia, Brasil, Cuba, México e Malásia.

Em Cuba, por exemplo, estudos como os de Rodríguez-Alfonso et al. (2017) mostram um esforço coordenado para conservar variedades como ‘Colorada del Caney’, ‘Cubana’, ‘Ocaena’, ‘Pinareña’ e ‘Cabezona’. Muitas dessas são mantidas por agricultores locais por meio de métodos *in situ*, compondo uma estratégia de conservação participativa. Esse modelo foi implementado com base em metodologias de Pesquisa-Ação Participativa (PAR), reforçando o papel ativo dos agricultores tradicionais como guardiões do germoplasma.

No Brasil, o estudo de Silva et al. (2018) destaca a conservação *on-farm* em quintais urbanos como modelo alternativo, mobilizando moradores tanto do semiárido quanto da região amazônica para manter acessos como ‘Arroba de Tarauacá’, ‘Jandaíra’ e ‘Ajubá’. Embora frequentemente estejam fora dos centros institucionais de pesquisa, o manejo e a propagação desses cultivares por meio de iniciativas regionais reforçam a importância da conservação descentralizada.

Esses esforços locais ajudam a manter a diversidade genética adaptada a condições ambientais específicas, garantem a resiliência dos sistemas agrícolas e ampliam a base genética disponível para futuros programas de melhoramento e uso sustentável do germoplasma.

Tais guardiões da agrobiodiversidade desempenham papel estratégico na conservação dinâmica do germoplasma, promovendo a continuidade de variedades adequadas aos contextos ecológicos e socioculturais. Além disso, a manutenção desses cultivares em sistemas agrícolas tradicionais fortalece a resiliência dos agroecossistemas, a soberania alimentar e a valorização dos saberes tradicionais associados.

4.3 Métodos de conservação

Embora documentada em menor número de estudos, a conservação *in situ* de *Ananas comosus* (L.) Merrill é uma estratégia essencial para a salvaguarda da diversidade genética da espécie, especialmente em contextos em que há risco de erosão genética decorrente da substituição de cultivares tradicionais por variedades comerciais ou pelo abandono de práticas agrícolas locais. Três estudos realizados na Colômbia, em Cuba e no Brasil destacam a importância das práticas territoriais na preservação de cultivares adaptados a sistemas agrícolas locais (AGUILERA-ARANGO et al., 2022; RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Estudos evidenciam que a manutenção do germoplasma em bancos *ex situ*, como coleções vivas, campos experimentais e bancos de sementes, permite não somente a conservação da variabilidade genética, mas também sua utilização futura em programas de melhoramento genético e adaptação às mudanças climáticas. A conservação *ex situ* oferece vantagens como o controle das condições de cultivo, a possibilidade de intercâmbio entre instituições e a documentação padronizada dos acessos, facilitando o manejo e o resgate de variedades ameaçadas.

Contudo, esse modelo exige investimento contínuo em infraestrutura, pessoal capacitado e protocolos de monitoramento genético. Além disso, é essencial que as estratégias *ex situ* estejam articuladas com ações *in situ* e *on-farm*, de modo a garantir não só a conservação passiva, mas também a dinâmica evolutiva dos materiais genéticos em seus contextos socioecológicos originais. A integração entre essas abordagens é o que realmente assegura a conservação eficaz e a utilização sustentável da diversidade de *Ananas comosus*.

4.3.1 Conservação *in situ* e participativa

Na Colômbia, os esforços de conservação ocorreram no sopé amazônico, onde práticas agrícolas sustentadas por povos indígenas promovem a preservação de linhagens nativas adaptadas ao ecossistema local (AGUILERA et al., 2022).

Em Cuba, comunidades rurais da região leste do país mantêm cultivares tradicionais em sistemas de agricultura familiar, contribuindo para a resiliência e continuidade desses materiais ao longo das gerações (RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2017).

No Brasil, a conservação *on-farm* tem ocorrido principalmente em quintais urbanos do semiárido, onde famílias cultivam continuamente variedades locais. Esses espaços, embora inseridos em áreas urbanizadas, funcionam como unidades produtivas e de conservação *in situ*, pois mantêm o cultivo ativo em seu ambiente sociocultural original, sob manejo humano direto.

Nos quintais, o manejo é realizado por meio da seleção e multiplicação de plantas com características desejáveis, da troca de mudas entre vizinhos e familiares e da integração com outras espécies agrícolas e medicinais, criando agroecossistemas diversificados e resilientes (SILVA et al., 2018).

Essa prática garante a adaptação contínua das variedades às condições ambientais e culturais locais, contribuindo simultaneamente para a segurança alimentar, a transmissão de conhecimentos tradicionais e a conservação dinâmica da agrobiodiversidade.

Embora este estudo evidencie uma predominância de estratégias de conservação *ex situ* para a agrobiodiversidade do abacaxi, é fundamental reconhecer que esses métodos dependem fortemente de instituições, recursos financeiros, infraestrutura tecnológica e estabilidade política.

Em cenários de instabilidade, cortes orçamentários ou mudanças de prioridades governamentais, coleções *ex situ* podem sofrer redução de capacidade, perda de acessos e até descontinuidade de programas. Nesse contexto, a conservação *in situ* e *on-farm*, realizada por pequenos agricultores, povos indígenas e comunidades tradicionais, emerge como um pilar estratégico para assegurar a diversidade genética nas mãos das pessoas, mantendo-a viva, adaptada e acessível fora das estruturas institucionais formais.

A expansão dessas estratégias participativas é essencial para equilibrar a conservação biocultural com a segurança de longo prazo dos recursos genéticos. Quando a diversidade genética é mantida somente em BAGs institucionais ou coleções corporativas, há maior risco de concentração de acesso e controle por poucos grupos, o que pode gerar dependência de produtores em relação a empresas ou governos.

Já a presença dessa diversidade nas propriedades rurais e nos quintais fortalece a soberania alimentar, a autonomia produtiva e a capacidade de adaptação frente a pressões ambientais e de mercado. Assim, o fortalecimento e a integração das práticas *in situ* e *on-farm* às políticas nacionais e internacionais de conservação representam não apenas uma medida complementar, mas um componente indispensável para a resiliência e democratização do uso dos recursos genéticos de *Ananas comosus*.

Essas experiências revelam que a conservação *in situ* não somente assegura a persistência de variedades geneticamente adaptadas, mas também fortalece a conexão entre diversidade biológica e identidade territorial.

A presença dessas práticas em contextos distintos reforça a importância de estratégias descentralizadas que valorizem os saberes locais, a autonomia produtiva e a adaptação contínua dos recursos genéticos às condições ambientais específicas. Assim, a conservação *in situ* constitui um componente complementar e indispensável às abordagens institucionais de conservação *ex situ*.

4.3.2 Conservação *ex situ*

A conservação *ex situ* de *Ananas comosus* foi amplamente predominante nos estudos analisados, refletindo investimentos institucionais em estratégias tecnológicas para a preservação do germoplasma. Os métodos empregados incluíram bancos de campo, cultivo *in vitro*, criopreservação, micropropagação e bancos de DNA, evidenciando a variedade de abordagens adotadas por diferentes países e instituições.

No Brasil, a Embrapa teve papel de destaque, adotando múltiplas estratégias de conservação, conforme relatado por Souza et al. (2016, 2017, 2018, 2019), Silva et al. (2016, 2017, 2018, 2021), Castro et al. (2022) e Guerra et al. (2021). As atividades da EMBRAPA também se estendem a parcerias internacionais, compondo um modelo institucional robusto. Outro caso relevante no país é o da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), que mantém um banco de campo regional (MELÃO et al., 2015).

Na Colômbia, a AGROSAVIA e o Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) operam bancos de campo com cerca de 60 acessos, como descrito por Aguilera-Arango et al. (2022) e Delgado-Huertas et al. (2015). Essas iniciativas reforçam o papel da Colômbia na conservação de germoplasma tropical na América do Sul.

Em Cuba, o Centro de Biotecnologia Vegetal (Centro Bioplant) demonstrou um sistema de conservação integrado, utilizando cultivo *in vitro*, criopreservação e micropropagação (RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2017, 2020; VILLALOBOS-OLIVERA et al., 2019, 2021).

Essa abordagem reflete um investimento técnico significativo na manutenção de linhagens locais e comerciais.

Nos Estados Unidos, o USDA-ARS trabalha com cultivo *in vitro* e manutenção de variedades em vasos, principalmente no Havaí, como relatado por Larrea-Sarmiento et al. (2022) e Zhou et al. (2015). Esse modelo associa pesquisa genética à experimentação agrônômica.

Na Ásia, a China conta com duas instituições de destaque: o CATAS (Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences), que mantém um banco de DNA (WANG et al., 2017), e a SCAU (South China Agricultural University), com forte atuação em cultivo *in vitro*, conforme relatado por Zhang et al. (2023) e Jia et al. (2024).

Na Malásia, o MARDI foi citado como responsável por um banco de DNA (ISMAIL et al., 2020), confirmando a presença asiática na conservação genética do abacaxi. Por fim, no México, a Universidad Veracruzana foi a única instituição identificada, realizando conservação *in vitro* de germoplasma, segundo Rodríguez-Alfonso et al. (2017).

Esses arranjos institucionais demonstram que a conservação *ex situ* de *Ananas comosus* depende de redes nacionais estruturadas, assim como de colaborações multilaterais. A adoção simultânea de diferentes estratégias tecnológicas aumenta a segurança biológica e a acessibilidade do germoplasma para usos futuros em programas de melhoramento, pesquisas e reintrodução em sistemas produtivos.

4.4 Instituições responsáveis e rede colaborativa

A avaliação das instituições responsáveis pela conservação de *Ananas comosus* revela, além da distribuição geográfica dos Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), uma rede consolidada e em expansão de colaborações interinstitucionais voltadas à cooperação científica e ao intercâmbio de material genético.

Essas parcerias são essenciais para sustentar estratégias de conservação, avançar nas tecnologias de preservação e garantir o uso responsável da diversidade genética do abacaxi em escala global.

No Brasil, a Embrapa se destaca como o principal centro de conservação de *Ananas comosus*, mantendo cerca de 700 acessos em condições de campo, telados e como duplicatas de segurança *in vitro*, apoiada por uma infraestrutura técnico-científica robusta.

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) foi estabelecido em 1975 com 39 acessos oriundos do Instituto Agrônomo de Campinas. A partir de 1979, foram realizadas expedições

de coleta em regiões prioritárias do país, em parceria com a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, visando ampliar a diversidade genética da coleção.

Esses esforços, somados a programas de intercâmbio internacional incluindo parcerias com instituições como o CIRAD (França/Martinica) contribuíram significativamente para a consolidação do que é hoje a maior coleção mundial de germoplasma de abacaxi, mantidos sob diferentes condições de conservação (SILVA et al., 2021).

A atuação da Embrapa também é marcada por uma ampla rede de colaboração, envolvendo instituições nacionais e internacionais, como AGROSAVIA (Colômbia), USDA (Estados Unidos), Centro Bioplant (Cuba), CIRAD-FLHOR (Martinica), além de universidades brasileiras como UFRB, UEFS e USP-CENA. Essa articulação institucional tem possibilitado avanços significativos em áreas como caracterização molecular, criopreservação, micropropagação e rastreabilidade genética (SOUZA et al., 2019; SILVA et al., 2021).

Na Colômbia, o Banco Nacional de Germoplasma Vegetal (BGVCOL) integra o esforço público de conservação *ex situ*, iniciado em 1994, e consolidou-se como centro estratégico para a preservação de recursos genéticos vegetais. Desde 2018, o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural delegou à AGROSAVIA a responsabilidade administrativa pelos bancos nacionais de germoplasma (CERÓN-SOUZA et al., 2023).

A AGROSAVIA, em colaboração com o Instituto Colombiano Agropecuário (ICA), universidades e centros de pesquisa internacionais como a Universidad de los Llanos e o CIRAD-FLHOR integra os BAGs locais a redes multilaterais de intercâmbio técnico e científico (AGUILERA-ARANGO et al., 2022; DELGADO-HUERTAS et al., 2015).

Esse modelo institucional fortalece o manejo compartilhado do germoplasma e dá suporte ao desenvolvimento de estratégias conjuntas para enfrentar desafios como a erosão genética e a necessidade de variedades adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas e produtivas.

Nos Estados Unidos, a unidade do USDA-ARS, localizada no Havaí, abriga cerca de 186 acessos e mantém trocas regulares com a Embrapa e a AGROSAVIA, com foco em vigilância fitossanitária, diagnóstico molecular e protocolos de conservação *ex situ* (LARREA et al., 2022; ZHOU et al., 2015).

Na Ásia, o Instituto de Recursos Genéticos de Culturas Tropicais (TCGRI) é uma das instituições de pesquisa vinculadas à Academia Chinesa de Ciências Agrícolas Tropicais (CATAS). Fundado em 1958 e sediado em Hainan, o TCGRI é dedicado à proteção, conservação e uso inovador dos recursos genéticos de culturas tropicais.

O instituto, em conjunto com universidades como a South China Agricultural University (SCAU), opera bancos de DNA sob supervisão de ministérios e instituições acadêmicas nacionais (Wang et al., 2017; Zhang et al., 2022). Embora algumas parcerias internacionais careçam de documentação detalhada, há evidências de intercâmbio técnico com instituições europeias, especialmente nas áreas de caracterização molecular e conservação *in vitro* (Wang et al., 2017).

O Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Agrícola da Malásia (MARDI), fundado em 1971, mantém bancos de germoplasma de abacaxi nas cidades de Pontian e Kluang, no estado de Johor. Esses bancos preservam uma coleção diversa de acessos, incluindo variedades locais, cultivares comerciais amplamente utilizados na Ásia e genótipos introduzidos por meio de programas de intercâmbio internacional, voltados ao enriquecimento da coleção e ao desenvolvimento de novas variedades adaptadas às condições edafoclimáticas da Malásia (ISMAIL et al., 2020).

Esses achados confirmam que os BAGs de abacaxi funcionam como nós estratégicos em uma rede internacional de conservação (Figura 5), cuja efetividade depende da circulação contínua de germoplasma, informações técnicas, metodologias de preservação e capacitação profissional.

O fortalecimento da coordenação interinstitucional é, portanto, uma estratégia crucial diante dos desafios contemporâneos impostos pelas mudanças climáticas, intensificação da erosão genética e riscos à segurança alimentar global.

4.5 Limitações identificadas e lacunas geográficas

Apesar dos avanços observados em países com infraestrutura consolidada para a conservação de recursos genéticos, a análise revelou lacunas geográficas críticas em regiões reconhecidas pela alta diversidade de formas tradicionais e silvestres de *Ananas comosus*, mas com pouca ou nenhuma representação em Bancos Ativos de Germoplasma formalmente estabelecidos.

A bacia amazônica, por exemplo, abriga uma grande variedade de ecótipos locais, muitas vezes manejados por povos indígenas e comunidades ribeirinhas tradicionais. No entanto, essas linhagens continuam substancialmente sub-representadas em coleções de conservação documentadas (GARCIA et al., 2013).

Essa omissão compromete a abrangência e a efetividade dos esforços de conservação *ex situ*, limitando a diversidade genética disponível para futuros programas de melhoramento e estratégias de adaptação climática.

Esse cenário evidencia a urgência de estratégias sistemáticas para a exploração, coleta e caracterização de germoplasma em regiões ricas em biodiversidade, com foco especial em recursos genéticos negligenciados ou subutilizados.

4.6 Implicações para agrobiodiversidade

A integração de saberes tradicionais com abordagens participativas de conservação *in situ* e comunitária representa um caminho estratégico para ampliar e diversificar a base genética mantida em coleções formais, promovendo maior equidade territorial e uma preservação mais eficaz da agrobiodiversidade.

Os dados compilados nesta revisão demonstram que muitos BAGs de abacaxi ao redor do mundo ainda carecem de articulação com populações locais e de reconhecimento explícito da origem sociocultural dos acessos que conservam.

A ausência de registros sobre práticas tradicionais de cultivo, critérios empíricos de seleção e o papel de povos indígenas e comunidades rurais na manutenção desses materiais limita o alcance das estratégias de conservação biocultural.

Essa realidade global encontra paralelo no contexto brasileiro, onde, apesar dos avanços obtidos, persistem desafios que precisam ser superados para que os BAGs alcancem uma condição plena de conservação da agrobiodiversidade.

No caso brasileiro, embora o país apresente avanços significativos na conservação de recursos genéticos de *Ananas comosus*, ainda existem lacunas estruturais e operacionais que impedem que os BAGs atinjam seu potencial máximo.

Entre as principais estão: (i) representatividade genética, com subamostragem de etnovarietades amazônicas e de contextos indígenas/comunitários; (ii) duplicação e segurança, com necessidade de ampliar backups geográficos, coleções *in vitro* e criopreservação; (iii) sanidade e identidade genética, com rotinas mais sistemáticas de indexação fitossanitária e verificação por marcadores moleculares; (iv) dados e interoperabilidade, integrando informações de passaporte e caracterização a plataformas globais como Genesys e GLIS-FAO; (v) governança e ABS/DSI, fortalecendo fluxos de conformidade ao SisGen e ao Protocolo de Nagoya; (vi) integração *ex situ–in situ*, conectando BAGs institucionais a redes de agricultores guardiões e coleções comunitárias; e (vii) financiamento e valorização, com recursos plurianuais e uso de coleções-núcleo para gerar demanda de mercado.

Fortalecer mecanismos de cooperação entre centros de pesquisa, agricultores tradicionais e instituições de conservação, associado a políticas de fomento e uso sustentável, é essencial para assegurar a representatividade genética e cultural das coleções. Esse alinhamento

não apenas atende às diretrizes da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) como também consolida a soberania genética e a capacidade adaptativa do país frente a desafios ambientais e econômicos futuros.

5. CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática revelou uma rede global, embora ainda assimétrica de Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de *Ananas comosus*, com forte concentração na América Latina tropical e na Ásia. O Brasil destacou-se como principal polo, tanto em número de estudos quanto em volume de acessos conservados, refletindo políticas nacionais de agrobiodiversidade e a estrutura consolidada de instituições como a Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Os BAGs abrigam ampla diversidade genética, incluindo variedades botânicas, cultivares comerciais e materiais tradicionais, todos essenciais para a resiliência dos sistemas agroalimentares frente às mudanças climáticas, erosão genética e novas demandas de mercado.

Estratégias *ex situ*, como bancos de campo, cultivo *in vitro*, criopreservação e bancos de DNA, predominam sendo geridas por instituições com elevada capacidade técnica. Paralelamente, embora menos frequentes, as iniciativas *in situ* e *on-farm* são estratégias para a conservação dinâmica de variedades locais, muitas vezes mantidas por comunidades tradicionais.

Uma lacuna notável diz respeito à conservação *in situ* de cultivares tradicionais e regionais, que carregam características únicas, como resistência a estresses, sabor diferenciado e adaptação local, atributos frequentemente ausentes em cultivares comerciais. Esses materiais formam um elo vital entre a agrobiodiversidade e a cultura local.

Em regiões como a Amazônia brasileira, onde ecótipos ainda são pouco estudados, os BAGs funcionam como reservatórios estratégicos de diversidade genética, com potencial para originar variedades mais adaptadas e sustentáveis.

A análise também destacou a importância das articulações interinstitucionais, tanto em âmbito nacional quanto internacional, como fator-chave para o fortalecimento dos esforços de conservação. Parcerias entre EMBRAPA, AGROSAVIA, USDA-ARS, CATAS e outras instituições demonstram que a cooperação técnica é fundamental para o intercâmbio de germoplasma, disseminação metodológica e avanço científico.

Em suma, os BAGs de abacaxi desempenham um papel central na conservação da diversidade genética da espécie, com implicações diretas para o melhoramento genético, a segurança alimentar e a valorização dos sistemas agrícolas tradicionais. O investimento

contínuo em pesquisa, infraestrutura e reconhecimento dos saberes locais é, portanto, necessário para assegurar a conservação e o uso sustentável desses recursos estratégicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. G. de; PÁDUA, J. G.; BARBIERI, R. L. **Conservação e uso de recursos genéticos vegetais para a alimentação e a agricultura no Brasil: 2012 a 2019**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 112 p. ISBN 978-65-87380-91-9.

AGUILERA-ARANGO, G. A.; PUENTES-DÍAZ, C. L.; MORILLO-CORONADO, Y. **Importancia de los recursos genéticos de la piña (*Ananas comosus* [L.] Merr. var. *comosus*) en Colombia**. *Agronomía Mesoamericana*, v. 33, n. 2, Artículo 48171, 2022. DOI: 10.15517/am.v33i2.48171.

BOAKYE, K.; SALIFU, I.; DANSO, H.; LEE, Y. F. **Comparative analysis of the profitability of major value-added activities along the pineapple value chain in Ghana**. *International Journal of Business Administration*, v. 15, n. 3, p. 78–95, 2024. DOI: 10.5430/ijba.v15n3p78.

CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de (Org.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. p. 57-7, 2009.

CASTRO, A. C. R.; CORREIA, D.; SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H.; FRANCO, J.; CAVALCANTI, T. B.; SILVA, D. A. **Brazilian ornamental phylogenetic resources in Embrapa germplasm banks: obstacles and opportunities**. *Ornamental Horticulture*, v. 28, n. 4, p. 396–406, 2022. DOI: 10.1590/2447-536X.v28i4.2549.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; DUVAL, M. F.; LEAL, F. **The pineapple success story: from domestication to pantropical diffusion**. In: MING, R. (ed.). *Genetics and Genomics of Pineapple*. Cham: Springer, 2018. p. 1–25. DOI: 10.1007/978-3-030-00614-3_1.

DELGADO-HUERTAS, H.; ARANGO-WIESNER, L. **Caracterización morfoagronómica de genotipos de piña (*Ananas* spp.) en un suelo de terraza alta de Villavicencio**. *Orinoquia*, v. 19, n. 2, p. 153–162, 2015.

DELGADO-PAREDES, G. E.; VÁSQUEZ-DÍAZ, C.; ESQUERRE-IBÁÑEZ, B.; BAZÁN-SERNAQUÉ, P.; ROJAS-IDROGO, C. **In vitro tissue culture in plants propagation and germplasm conservation of economically important species in Peru**. *Scientia Agropecuaria*, v. 12, n. 3, p. 337–349, 2021. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2021.037.

FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical. Database. **Crops- database**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em 10/05/2025.

FRANCISCO-RODRÍGUEZ, J. A.; CHALCHI-MARTÍNEZ, M.; LÓPEZ-ARJONA, H.; PÉREZ-MOLPHE-BALCH, E.; MORALES-SERNA, J. A.; VILLALOBOS-AMADOR, E. **A pilot-scale micropropagation plant for two commercial varieties of pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. reveals shortcuts in a complex system through the recycling of fruit**. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 160, p. 21–39, 2025. DOI: 10.1007/s11240-024-02962-8.

GARCIA, M. V. B.; GARCIA, T. B.; MATOS, A. P. de; JUNGHANS, D. T.; CABRAL, J. R. S. **Situação e perspectivas da abacaxicultura no Amazonas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DA CULTURA DO ABACAXI, 5., 2013, Palmas. Anais... Palmas: Secretaria da Agricultura e Pecuária do Estado do Tocantins, 2013.

GARCIA, M. V. B.; HARADA, P. K.; GARCIA, T. B.; LOPES, R. **Características morfológicas e agronômicas de duas variedades tradicionais locais de abacaxizeiro cultivadas no Amazonas.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa Amazônia Ocidental), n. 56, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-ocidental>.

GUERRA, P. A.; SOUZA, E. H.; MAX, D. A. S.; ROSSI, M. L.; VILLALOBOS-OLIVERA, A.; LEDO, C. A. S.; MARTÍNEZ-MONTERO, M. E.; SOUZA, F. V. D. **Morphoanatomical aspects of the starting material for the improvement of pineapple cryopreservation by the droplet-vitrification technique.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, n. 1, e20190555, 2021. DOI: 10.1590/0001-3765202120190555.

HAYATI, R.; KASIAMDARI, R. S. **Genetic diversity of Indonesian pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivars based on ISSR markers.** Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, v. 47, n. 4, p. 1087–1100, 2024. DOI: 10.47836/pjtas.47.4.02.

ISMAIL, S. N.; ABDUL GHANI, N. S.; AB. RAZAK, S. F.; ZAINAL ABIDIN, R. A.; MOHD YUSOF, M. F.; ZUBIR, M. N.; ZAINOL, R. **Genetic diversity of pineapple (*Ananas comosus*) germplasm in Malaysia using simple sequence repeat (SSR) markers.** Tropical Life Sciences Research, v. 31, n. 3, p. 15–27, 2020. DOI: 10.21315/tlsr2020.31.3.2.

JIA, P.; LIU, S.; LIN, W.; YU, H.; ZHANG, X.; XIAO, X.; SUN, W.; LU, X.; WU, Q. **Authenticity identification of F1 hybrid offspring and analysis of genetic diversity in pineapple.** Agronomy, v. 14, art. 1490, 2024. DOI: 10.3390/agronomy14071490.

LARREA-SARMIENTO, A. E.; OLMEDO-VELARDE, A.; WANG, X.; BORTH, W.; DOMINGO, R.; MATSUMOTO, T. K.; SUZUKI, J. Y.; WALL, M. M.; MELZER, M. J.; HU, J. **Genetic diversity of viral populations associated with *Ananas* germplasm and improvement of virus diagnostic protocols.** Pathogens, v. 11, n. 12, 2022. DOI: 10.3390/pathogens11121470.

MELÃO, A. V.; PEREIRA, M. G.; KRAUSE, W.; GONÇALVES, L. S. A.; MOREIRA, W. G. **Caracterização agronômica e divergência genética entre acessos de abacaxizeiro nas condições do estado de Mato Grosso.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 4, p. 952–960, 2015. DOI: 10.1590/0100-2945-218/14.

RODRÍGUEZ-ALFONSO, D.; ISIDRÓN-PÉREZ, M.; ALFONSO-GONZÁLEZ, D.; GRAJAL-MARTÍN, M. J.; HORMAZA-UROZ, J. I.; HERRERA-ISIDRÓN, L. **Diversity of pineapple genetic resources in Cuba: threats and actions for minimizing losses.** Revista Fitotecnia Mexicana, v. 40, n. 1, p. 93–101, 2017.

RODRÍGUEZ-ALFONSO, D.; ISIDRÓN-PÉREZ, M.; BARRIOS, O.; FUNDORA, Z.; HORMAZA, J. I.; GRAJAL-MARTÍN, M. J.; HERRERA-ISIDRÓN, L. **Minimal morphoagronomic descriptors for Cuban pineapple germplasm characterisation.** Horticultural Science (Prague), v. 47, n. 1, p. 28–35, 2020. DOI: 10.17221/27/2019-HORTSCI.

SANTOS SOUZA, C. R.; BARBOSA, A. C. O.; FERREIRA, C. F.; SOUZA, F. V. D.; ROCHA, L. S.; SOUZA, E. H.; OLIVEIRA, S. A. S. **Diversity of microorganisms associated to *Ananas* spp. from natural environment, cultivated and ex situ conservation areas.** Scientia Horticulturae, v. 243, p. 544–551, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.015.

RODRÍGUEZ-ALFONSO, D.; ISIDRÓN-PÉREZ, M.; BARRIOS, O.; FUNDORA, Z.; HORMAZA, J. I.; GRAJAL-MARTÍN, M. J.; HERRERA-ISIDRÓN, L. **Minimal morphoagronomic descriptors for Cuban pineapple germplasm characterisation.** Horticultural Science (Prague), v. 47, n. 1, p. 28–35, 2020. DOI: 10.17221/27/2019-HORTSCI

SANTOS, J. J.; SOUZA, A. B. P.; OLIVEIRA, R. S.; SOUZA, E. H.; SOUZA, F. V. D. **Ampliação do Banco Ativo de Germoplasma de Abacaxi in vitro a partir de plantas livre de vírus.** In: Anais da 12ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas: Embrapa, 2018. p. 78–79. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura>.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity: text and annex.** Montreal: CBD Secretariat, 2011.

SILVA, R. L.; FERREIRA, C. F.; LEDO, C. A. S.; SOUZA, E. H.; SILVA, P. H.; COSTA, M. A. P. C.; SOUZA, F. V. D. **Viability and genetic stability of pineapple germplasm after 10 years of in vitro conservation.** Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v. 128, p. 333–343, 2016. DOI: 10.1007/s11240-016-1035-0.

SILVA, R. L.; SOUZA, E. H.; VIEIRA, L. J.; PELACANI, C. R.; SOUZA, F. V. D. **Cryopreservation of pollen of wild pineapple accessions.** Scientia Horticulturae, v. 219, p. 326–334, 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.03.022.

SILVA, R. L.; SOUZA, E. H.; PELACANI, C. R.; JESUS, J. S.; SOUZA, C. P. F.; SOUZA, A. B. P.; SOUZA, F. V. D. **Validation of in vitro conservation of pineapple germplasm [*Ananas comosus* (L.) Merr.] for ten years based on field morphological characterization.** Genetic Resources and Crop Evolution, v. 68, p. 2051–2060, 2021. DOI: 10.1007/s10722-021-01116-5.

SILVA, R. L.; SOUZA, E. H.; SILVA LEDO, C. A.; PELACANI, C. R.; SOUZA, F. V. D. **Urban backyards as a new model of pineapple germplasm conservation.** Plant Genetic Resources, v. 17, p. 1–9, 2018. DOI: 10.1017/S1479262118000114.

SOUZA, F. V. D.; KAYA, E.; VIEIRA, L. J.; SOUZA, E. H.; AMORIM, V. B. O.; SKOGERBOE, D.; MATSUMOTO, T.; ALVES, A. A. C.; LEDO, C. A. S.; JENDEREK, M. M. **Droplet-vitrification and morphohistological studies of cryopreserved shoot tips of cultivated and wild pineapple genotypes.** Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v. 124, p. 351–360, 2016. DOI: 10.1007/s11240-015-0899-8.

SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H.; SILVA, R. L. **Cryopreservation of pollen grains of pineapple and other bromeliads.** In: LOYOLA-VARGAS, V. M.; OCHOA-ALEJO, N. (eds.). Plant Cell Culture Protocols. Methods in Molecular Biology, vol. 1815. New York: Springer, 2018. p. 279–289. DOI: 10.1007/978-1-4939-8594-4_19.

SOUZA, F. V. D.; FERREIRA, F. R.; SOUZA, E. H.; SILVA, R. L.; GUERRA, P. A. **Conservation, propagation and new paths for pineapple genetic resources.** Acta Horticulturae, n. 1239, p. 105–112, 2019. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1239.13.

SOUZA, C. P. F.; FERREIRA, C. F.; SOUZA, E. H.; SENA NETO, A. R.; MARCONCINI, J. M.; LEDO, C. A. S.; SOUZA, F. V. D. **Genetic diversity and ISSR marker association with**

the quality of pineapple fiber for use in industry. *Industrial Crops and Products*, v. 104, p. 263–268, 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.04.059.

SOUZA, F. V. D.; AUD, F. F.; SOUZA, E. H.; FERREIRA, F. R.; SANTOS, G. S. **Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos/Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996, 250, 48-53 p., 2021.

SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H.; AUD, F. F.; COSTA, E. M. R.; SILVA, P. H.; CHUMBINHO, E. A.; REBOUÇAS, D. B.; ANDRADE, D. S. S.; SOUSA, A. H.; PUGAS, C. S.; REBOUÇAS, É. O.; FRANÇA, B. S.; FRANÇA, R. R. N. **Advances in the conservation of pineapple genetic resources at Embrapa Cassava and Fruits.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996, n. 250, p. 48–53, 2022.

VILLALOBOS-OLIVERA, A.; MARTÍNEZ, J.; QUINTANA, N.; ZEVALLOS, B. E.; CEJAS, I.; LORENZO, J. C.; GONZÁLEZ-OLMEDO, J.; MARTÍNEZ MONTERO, M. E. **Field performance of micropropagated and cryopreserved shoot tips-derived pineapple plants grown in the field for 14 months.** *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 41, art. 34, 2019. DOI: 10.1007/s11738-019-2825-x.

VILLALOBOS-OLIVERA, A.; NÁPOLES, L.; MENDOZA, J. R.; ESCALANTE, D.; MARTÍNEZ, J.; CONCEPCIÓN, O.; ZEVALLOS, B. E.; MARTÍNEZ-MONTERO, M. E.; CEJAS, I.; ENGELMANN, F.; VICENTE, O.; LORENZO, J. C. **Exposure of pineapple shoot tips to liquid nitrogen and cryostorage do not affect the histological status of regenerated plantlets.** *Romanian Biotechnology Letters*, v. 24, n. 6, p. 1061–1066, 2019. DOI: 10.25083/rbl/24.6/1061.1066.

VILLALOBOS-OLIVERA, A.; MARTÍNEZ, J.; ESCALANTE, D.; MARTÍNEZ-MONTERO, M. E.; SERSHEN; LORENZO, J. C. **Cryopreservation of pineapple shoot tips does not affect mineral contents of regenerated plants.** *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 43, art. 15, 2021. DOI: 10.1007/s11738-020-03195-w.

VILLALOBOS-OLIVERA, A.; ENTENSA, Y.; MARTÍNEZ, J.; ESCALANTE, D.; QUINTANA, N.; SOUZA, F. V. D.; MARTÍNEZ-MONTERO, M. E.; HAJARI, E.; LORENZO FEIJOO, J. C. **Storage of pineapple shoot tips in liquid nitrogen for three years does not modify field performance of recovered plants.** *Research Square*, Preprint, 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-389806/v1.

WANG, J.; HE, J.; CHEN, H.; CHEN, Y.; QIAO, F. **Genetic diversity in various accessions of pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.] using ISSR and SSR markers.** *Biochemical Genetics*, 2017. DOI: 10.1007/s10528-017-9803-z.

ZHANG, Y.; XU, Z.; XIE, T.; ZHANG, W.; HE, Y.; LIU, C. **In vitro selection and identification of a cold-tolerant variant in pineapple (*Ananas comosus*).** *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v. 63, p. 275–286, 2022. DOI: 10.1007/s13580-021-00396-1.

ZHANG, J.; FU, X.; SU, Y.; XIE, T. **Establishment and optimization of an in vitro regeneration system in shredded pineapple.** *Horticultural Science and Technology*, v. 41, n. 2, p. 224–235, 2023. DOI: 10.7235/HORT.20230021.

ZHOU, L.; MATSUMOTO, T.; TAN, H. W.; MEINHARDT, L. W.; MISCHKE, S.; WANG, B.; ZHANG, D. **Developing single nucleotide polymorphism markers for the identification of pineapple (*Ananas comosus*) germplasm.** Horticulture Research, v. 2, 2015. DOI: 10.1038/hortres.2015.56

Capítulo 2

Título: Caracterização morfoagronômica das infrutescências de etnovariedades de abacaxi no Amazonas

RESUMO

As etnovariedades de abacaxi *Ananas comosus* var *comosus* (L.) Merrill cultivadas por agricultores familiares e comunidades tradicionais na região amazônica representam um patrimônio genético e cultural de grande relevância para a agrobiodiversidade brasileira. Este estudo teve como objetivo caracterizar morfoagronômica e físico-quimicamente etnovariedades de abacaxi oriundas de agricultores familiares e povos tradicionais do estado do Amazonas, conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. Foram avaliados descritores qualitativos, quantitativos e físico-químicos da polpa e do cilindro central das infrutescências, permitindo a identificação de padrões de variabilidade intra e intervarietal. Os resultados evidenciaram ampla diversidade genética entre as etnovariedades amazônicas, com atributos relevantes para o consumo in natura e para o processamento agroindustrial. Destacou-se a etnovarietade Garrafa, com elevados teores de vitamina C, consolidando-se como candidata a programas de valorização nutricional. A etnovarietade Abacaxi Grande, com pH mais elevado (~4,2), apresentou perfil menos ácido, favorecendo sua aceitação em mercados que demandam frutos de maior suavidade sensorial e previsibilidade tecnológica. Já a etnovarietade Cabeça de Onça apresentou altos teores de açúcares solúveis no cilindro central, atributo de interesse para a indústria de sucos e polpas concentradas devido ao maior rendimento e à menor necessidade de ajustes de sólidos. Esses achados confirmam o potencial das etnovariedades amazônicas para atender exigências mercadológicas e nutricionais comparáveis às de cultivares comerciais, reforçando sua relevância para a segurança alimentar, a valorização da agrobiodiversidade regional e a inserção competitiva em cadeias de produção sustentáveis. Além de seu valor agronômico e comercial, essas etnovariedades representam um patrimônio sociocultural das comunidades tradicionais amazônicas, que atuam como guardiãs do conhecimento local e da diversidade genética. Sua conservação fortalece a segurança alimentar regional, assegura autonomia produtiva a pequenos agricultores e reforça a importância da integração entre ciência e saberes tradicionais na valorização de recursos fitogenéticos.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, conservação genética, comunidades tradicionais, recursos genéticos, morfologia de infrutescências, análises físico-químicas, segurança e soberania alimentar.

ABSTRACT

The pineapple ethnovarieties *Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merrill cultivated by family farmers and traditional communities in the Amazon region represent a genetic and cultural heritage of great relevance to Brazilian agrobiodiversity. This study aimed to characterize morpho-agronomically and physicochemically ethnovarieties of pineapple from family farmers and traditional peoples of the state of Amazonas, conserved in the Active Germplasm Bank of UFAM. Qualitative, quantitative, and physicochemical descriptors of the pulp and central cylinder of the infructescences were evaluated, allowing the identification of patterns of intra- and inter-varietal variability. The results revealed broad genetic diversity among the Amazonian ethnovarieties, with attributes relevant for fresh consumption and agro-industrial processing. The ethnovariety *Garrafa*, with high vitamin C content, emerged as a candidate for nutritional valorization programs. *Abacaxi Grande*, with a higher pH (~4.2), exhibited a less acidic profile, favoring acceptance in markets that demand fruits with greater sensory smoothness and technological predictability. The ethnovariety *Cabeça de Onça* showed high soluble sugar content in the central cylinder, an attribute of interest to the juice and concentrate industry due to greater yield and reduced need for solids adjustment. These findings confirm the potential of Amazonian ethnovarieties to meet market and nutritional demands comparable to commercial cultivars, reinforcing their relevance for food security, the valorization of regional agrobiodiversity, and competitive insertion into sustainable production chains. Beyond their agronomic and commercial value, these ethnovarieties constitute a sociocultural heritage of Amazonian traditional communities, which act as guardians of local knowledge and genetic diversity. Their conservation strengthens regional food security, ensures productive autonomy for small farmers, and highlights the importance of integrating science and traditional knowledge in the valorization of plant genetic resources.

Keywords: *Ananas comosus*, genetic conservation, traditional communities, genetic resources, infructescence morphology, physicochemical analyses, food and nutritional sovereignty.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi, *Ananas comosus* (L.) Merrill é uma das principais fruteiras tropicais cultivadas no mundo (FAO, 2022), destacando-se por sua importância econômica em cadeias agroindustriais e por seu papel ecológico em sistemas de cultivo diversificados, especialmente na América do Sul, onde se originou e se diversificou (CRESTANI et al., 2010).

Como espécie perene de ampla adaptabilidade, integra tanto sistemas de produção intensiva quanto formas tradicionais de cultivo, sendo reconhecido como um recurso estratégico para a segurança alimentar e a conservação da agrobiodiversidade (SHARMA et al., 2024).

Na Amazônia brasileira, a espécie é amplamente cultivada por agricultores familiares e comunidades tradicionais, os quais conservam, manejam e disseminam um conjunto expressivo de etnovarietades com características morfológicas, sensoriais e funcionais distintas (COPPENS D'EECKENBRUGGE; LEAL, 2003).

As etnovarietades de abacaxi, conservadas na região amazônica representam importantes recursos genéticos adaptados às condições edafoclimáticas locais, resultado de longos processos de seleção empírica realizados por agricultores indígenas e ribeirinhos (GARCIA et al., 2013; GARCIA et al., 2024).

No entanto, essas variedades permanecem pouco estudadas em relação às cultivares comerciais amplamente difundidas, como a cv. Turiaçu Amazonas, limitando seu reconhecimento agrônomo e sua inserção em políticas públicas voltadas à conservação da agrobiodiversidade.

Autores como Selani et al. (2016) aplicaram análises físico-químicas abrangentes em diversas frutas tropicais, analisando compostos como fibras, açúcares, pH e antioxidantes, criando um padrão metodológico amplamente adotado. Além disso, Sayago-Ayerdi et al. (2021) revisaram a composição de compostos bioativos em frutas e coprodutos tropicais, reforçando a importância de perfis físico-químicos para compreender valor nutritivo e funcionalidade em um contexto amplo.

A caracterização morfoagronômica e físico-química de infrutescências é fundamental na avaliação de recursos genéticos, pois permite identificar genótipos para diferentes usos e sustenta estratégias de conservação e melhoramento (SOUZA et al., 2018; KINLEY et al., 2022).

Neste contexto, os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) de abacaxi desempenham papel estratégico na conservação *ex situ* de recursos genéticos vegetais, promovendo o uso sustentável da diversidade agrícola (SOUZA et al., 2021).

O BAG de abacaxi da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na Fazenda Experimental da instituição, abriga um conjunto de acessos tradicionais da espécie coletados em diferentes territórios amazônicos, constituindo um repositório valioso para a pesquisa, o ensino e a promoção da conservação e uso sustentável da agrobiodiversidade regional (DONEGÁ, 2023).

Diante disso, o presente trabalho pretende caracterizar, com base em descritores morfoagronômicos e físico-químicos, as infrutescências de oito etnovariedades de abacaxis conservadas no BAG da UFAM, comparando seus atributos a cv. Turiaçu Amazonas.

A caracterização proposta visa ampliar o conhecimento sobre a diversidade intraespecífica da espécie no Amazonas, fortalecer ações de conservação e evidenciar o potencial dessas variedades para sistemas de produção sustentáveis e para inserção em mercados diferenciados, entendidos aqui como aqueles que valorizam atributos socioculturais, ambientais e de origem geográfica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a caracterização morfoagronômica e físico-química das infrutescências de etnovariedades de *Ananas comosus* var. *comosus*, conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Amazonas, visando a documentação da diversidade fenotípica e a valorização da agrobiodiversidade regional.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a morfologia das infrutescências com base em descritores padronizados;
- Avaliar propriedades físico-químicas das etnovariedades;
- Comparar os parâmetros obtidos com a cultivar comercial Turiaçu Amazonas;
- Evidenciar a diversidade fenotípica para valorizar a agrobiodiversidade amazônica.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem, domesticação e diversidade do abacaxi

O abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill., pertencente à família Bromeliaceae, é uma das frutas tropicais mais relevantes do ponto de vista histórico, econômico e cultural. Sua origem é

amplamente associada à região tropical da América do Sul, com especial destaque para a bacia amazônica que concentram a maior diversidade genética do gênero *Ananas* (CLEMENT et al., 2010).

As primeiras hipóteses sobre sua domesticação foram levantadas por Bertoni (1919 *apud* CRESTANI et al., 2010), que sugeriu a atuação dos povos tupi-guaranis na seleção e disseminação da cultura à medida que migravam do sul e para o norte do continente. Essa proposta foi reforçada por autores clássicos como Collins (1960), Purseglove (1972) e Pickersgill (1976).

No entanto, essa hipótese foi posteriormente contestada por Brücher (1971), o qual propôs uma teoria alternativa para origem a domesticação do abacaxi nas proximidades das Guianas, região caracterizada por elevada diversidade morfológica e ocorrência de formas silvestres de *Ananas comosus*. Apesar de sua relevância, essa proposta recebeu inicialmente pouca atenção da comunidade científica.

Estudos posteriores forneceram respaldo à proposta de Brücher, com evidências oriundas de coletas, análises morfológicas, bioquímicas e moleculares realizadas no Brasil, Venezuela e Guiana Francesa (LEAL et al., 1996; FERREIRA et al., 1992; DUVAL et al., 1997). Os resultados desses estudos indicaram que as variedades *A. comosus var. comosus* e *A. comosus var. erectifolius* originaram-se na América do Sul, consolidando essa região como um dos principais centros de diversidade e domesticação do abacaxi.

O processo de domesticação do abacaxi está profundamente enraizado no conhecimento empírico dos povos indígenas sul-americanos, que ao longo de milênios, selecionaram plantas com maior suculência, menor acidez, polpa mais doce, ausência de sementes e maior adaptabilidade às condições locais (COPPENS D'EECKENBRUGGE; LEAL, 2003).

Essas práticas resultaram na formação de um amplo conjunto de etnovarietades, cultivadas principalmente em sistemas tradicionais. Além do consumo alimentar, o abacaxi também era utilizado com fins medicinais e simbólicos, estando presente em rituais e cosmologias de diferentes etnias amazônicas, reforçando sua relevância sociocultural e simbólica (DUTTA; BHATTACHARYYA, 2013; COIMBRA JR; WELCH, 2020; KUMAR et al., 2022).

Com a chegada dos europeus ao continente americano, o abacaxi foi rapidamente disseminado para outras regiões tropicais e subtropicais do mundo. Há registros de sua introdução na Europa no final do século XV, a partir da segunda viagem de Cristóvão Colombo (SIMÃO, 1998).

Nos séculos seguintes, foi cultivado em estufas na Inglaterra e França como símbolo de status, sendo amplamente representado em obras de arte e na arquitetura da época (SILVA; TASSARA, 2001). Um dos primeiros registros é uma pintura datada em 1664 retratando o Rei Carlos II recebendo em mãos o primeiro abacaxi cultivado na Inglaterra (CTENAS E QUAST, 2000).

Sua disseminação global deve-se, na maioria, à sua rusticidade, capacidade de propagação vegetativa e ampla aceitação sensorial, atributos que contribuíram para sua consolidação como uma das frutas tropicais mais cultivadas e consumidas no mundo (CRESTANI et al., 2010).

3.2 Botânica e taxonomia de *Ananas comosus*

O gênero *Ananas*, pertencente à família Bromeliaceae e subfamília Bromelioideae, representa um caso singular nas monocotiledôneas neotropicais por incluir espécies de importância econômica para a fruticultura (SOUZA E LORENZI, 2018).

A família, predominantemente composta por espécies epífitas, apresenta ampla adaptação ecológica, enquanto o gênero *Ananas* concentra espécies terrestres com mecanismos eficientes de propagação vegetativa (SOUZA E LORENZI, 2018).

A espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, resultado de eventos complexos de hibridização, seleção humana e isolamento geográfico, é a única cultivada comercialmente em larga escala, com ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais (COPPENS D'EECKENBRUGGE; DUVAL, 2009).

Morfologicamente, *A. comosus* caracteriza-se por um caule curto e robusto de onde emergem folhas alternas, dispostas em espiral e organizadas em roseta basal. As folhas são alongadas, fibrosas, com margens espinescentes, adaptadas à interceptação de água e à defesa contra herbivoria demonstrado na figura 7 (GIVNISH et al., 2014).

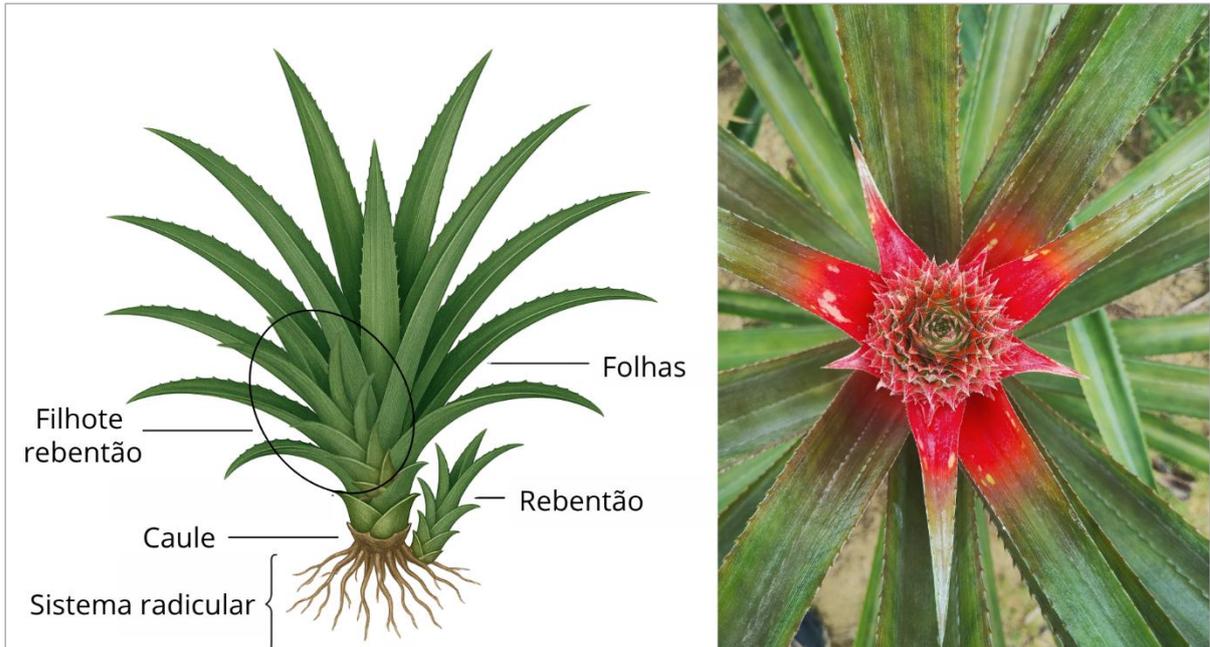


Figura 7. Estrutura vegetativa do abacaxizeiro *Ananas comosus*. À esquerda, ilustração anatômica destacando as principais partes: folhas, caule, sistema radicular, rebentões e filhotes rebentões, responsáveis pela propagação vegetativa. À direita, imagem fotográfica evidenciando o meristema apical da planta, de coloração avermelhada, região de intensa atividade de crescimento e onde se inicia a formação da inflorescência. Fonte: Lima (2025).

A inflorescência é uma espiga terminal densa, composta por flores hermafroditas que se desenvolvem sincronicamente. A formação da infrutescência ocorre por coalescência dos frutos individuais do eixo da inflorescência e das brácteas, originando um fruto composto do tipo sorose (Figura 8). A coroa apical é formada por folhas vegetativas estéreis, funcionalmente associadas à propagação clonal da espécie (HAYATI E KASIAMDARI, 2023).

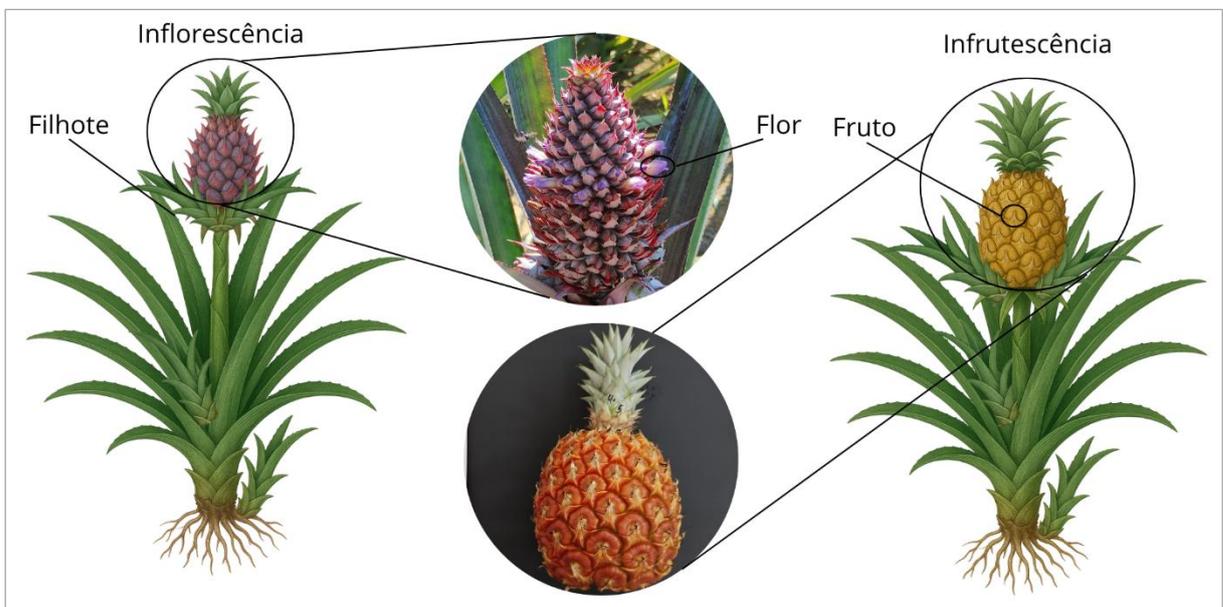


Figura 8: Transição do desenvolvimento reprodutivo do abacaxizeiro (*Ananas comosus*). À esquerda, planta com formação da inflorescência; ao centro, detalhe das flores individuais e do fruto em desenvolvimento; à direita, planta com infrutescência madura composta por múltiplos frutos. Fonte: Lima (2025).

A classificação taxonômica de *A. comosus* compreende cinco variedades botânicas reconhecidas: *var. comosus*, *var. erectifolius*, *var. bracteatus*, *var. ananassoides* e *var. parguazensis* (Figura 9). Essa diversidade infragenérica reflete a plasticidade morfológica da espécie em resposta a gradientes ecológicos e pressões de seleção antrópica (COPPENS D'EECKENBRUGGE E DUVAL, 2009; SOUZA et al., 2017).

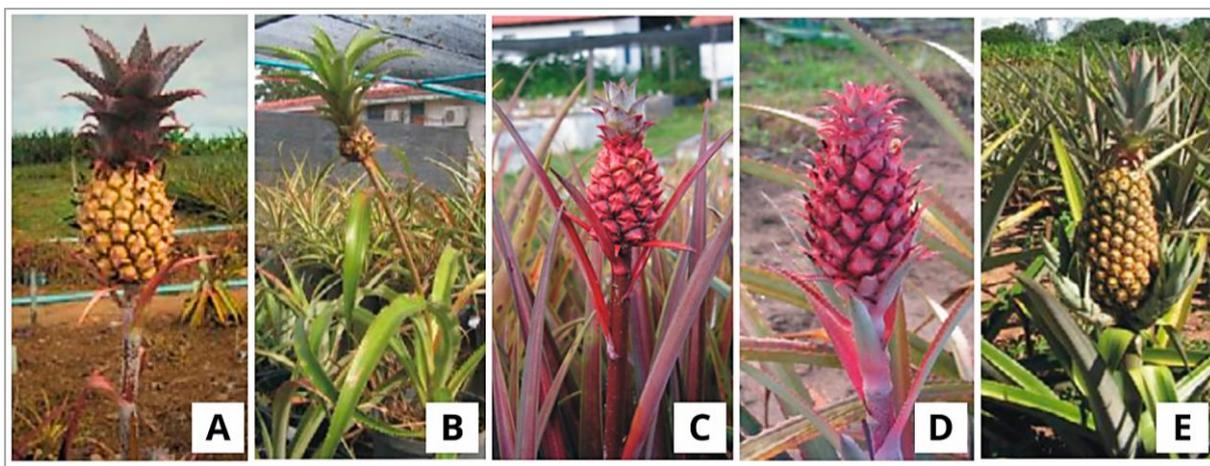


Figura 9. Variedades botânicas de *Ananas comosus*. (A) *Ananas comosus* var. *ananassoides*; (B) *Ananas comosus* var. *parguazensis*; (C) *Ananas comosus* var. *erectifolius*; (D) *Ananas comosus* var. *bracteatus*; (E): *Ananas comosus* var. *comosus*. Fonte: Souza et al. (2017), adaptado por Lima (2025).

As variedades *bracteatus* e *erectifolius* apresentam atributos ornamentais e fibras de interesse industrial, respectivamente, enquanto *ananassoides* e *parguazensis* constituem reservatórios genéticos silvestres. A *var. comosus*, por sua vez, reúne todas as cultivares comerciais, incluindo aquelas de importância econômica global, como ‘Smooth Cayenne’, ‘MD-2’ e ‘Pérola’ (VILLALOBOS-OLIVEIRA et al., 2023; LI et al., 2023).

O elevado grau de variabilidade fenotípica observado entre cultivares comerciais e tradicionais é resultado direto de processos históricos de domesticação, seleção empírica e isolamento reprodutivo (CRESTANI et al., 2010; LI et al., 2023).

Características como porte da planta, presença ou ausência de acúleos, conformação da infrutescência, coloração da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez e resistência a patógenos como *Fusarium guttiforme* são amplamente variáveis entre genótipos (SILVA et al., 2023).

Essa diversidade intraespecífica confere à espécie um potencial estratégico para programas de melhoramento genético, além de fundamentar a necessidade de estudos morfoagronômicos sistemáticos voltados à conservação e valorização de variedades mantidas por agricultores tradicionais (PY et al., 1984; SOUZA et al., 2021; GARCIA, et al., 2013; GARCIA et al., 2024).

3.3 Produção e importância econômica do abacaxi

O abacaxi ocupa posição de destaque entre as frutas tropicais cultivadas no mundo, sendo a terceira mais consumida globalmente, atrás somente da banana e das frutas cítricas (FAO, 2023). Sua relevância econômica está associada à ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, ao alto rendimento por área e à demanda crescente nos mercados interno e externo (FAO, 2022).

Com base nos dados da FAOSTAT para o ano de 2023, a produção mundial de abacaxi atingiu aproximadamente 29,6 milhões de toneladas, com uma área colhida de 1.055.461 hectares. Esses números refletem a significativa importância econômica e alimentar da cultura do abacaxi em escala global, especialmente entre os países tropicais (Figura 10).

Área colhida e produção mundial de abacaxi (2023)



Figura 10. Área colhida (em hectares) e a produção total (em toneladas) no ano de 2023. Fonte: FAOSTAT (FAO, 2024).

Entre os dez maiores produtores de abacaxi em 2023, o Brasil ocupa posição de destaque produziu 2,3 toneladas de abacaxi, figurando ao lado de países como Indonésia, Filipinas e Costa Rica, que lideram o ranking (Figura 11).

Principais países produtores de abacaxi no mundo (2023)

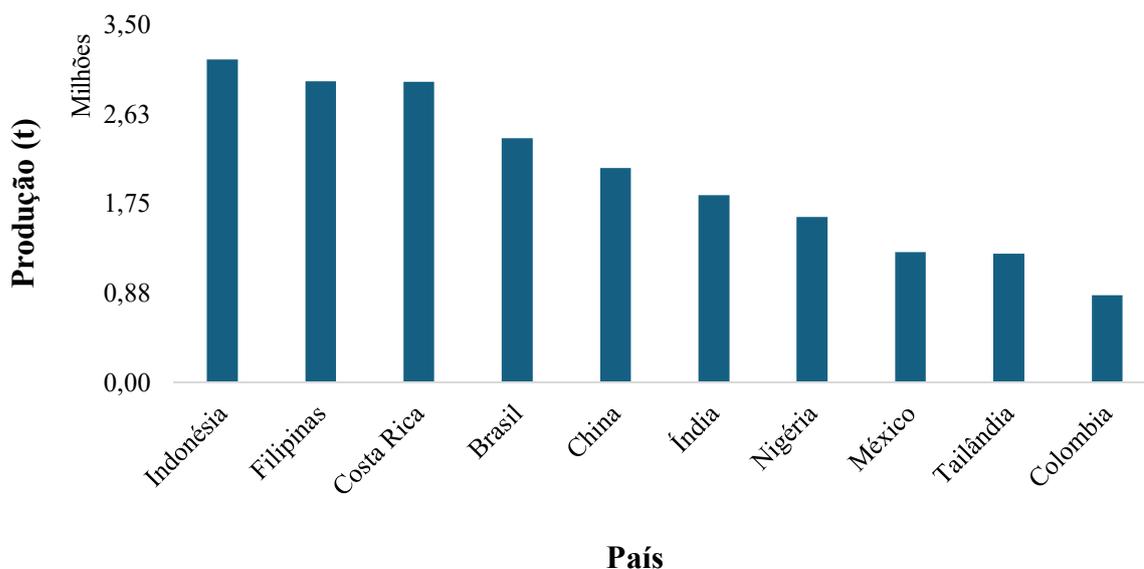


Figura 11. Os dez principais países produtores de abacaxi no mundo em 2023. Fonte: FAOSTAT (FAO, 2024).

Os principais polos produtivos no Brasil concentram-se nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para o estado do Pará o maior produtor do país (IBGE, 2023). As cultivares mais utilizadas no sistema produtivo convencional são ‘Smooth Cayenne’ e ‘Pérola’, sendo esta última especialmente valorizada por sua baixa acidez, elevada doçura e tolerância a murcha associada à cochonilha (*Dysmicoccus brevipes*), embora ambas apresentem suscetibilidade à fusariose (*Fusarium guttiforme*) (SANTOS et al., 2023).

Com base nos dados do IBGE (2023), o estado do Amazonas ocupa a 5ª posição de maior produtor no país, apresentando uma expressiva produção, com destaque para um valor bruto de produção de R\$ 258,839 milhões, refletindo a importância econômica da cultura para a agricultura regional. Foram colhidos 50.060 mil frutos em uma área de 1.927 hectares, com um rendimento médio de 25.978 frutos por hectare, indicando níveis produtivos significativos que evidenciam a adaptabilidade da cultura às condições edafoclimáticas amazônicas.

Segundo dados do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), o município de Itacoatiara, especialmente o distrito de Novo Remanso, lidera a produção estadual, impulsionado pelo cultivo da cv. Turiaçu Amazonas, reconhecida por sua elevada qualidade sensorial e pela Indicação Geográfica (IG) registrada, conferindo-lhe valor agregado no mercado nacional (RAIDAM, 2023).

A cultivar Turiaçu Amazonas se destaca pelas características sensoriais únicas como polpa amarela intensa, textura firme, alto teor de sólidos solúveis e baixa acidez, atributos

altamente valorizados pelos consumidores, que diferenciam o produto amazônico no cenário nacional (ABREU, 2022; GARCIA et al., 2025).

A formalização da Indicação Geográfica representa um avanço no reconhecimento dos saberes e práticas agrícolas locais, fortalecendo a identidade territorial do produto e contribuindo para estratégias de desenvolvimento rural sustentável baseadas na valorização da sociobiodiversidade (GARCIA et al., 2025).

Nesse sentido, as variedades de abacaxi no Amazonas possuem alto potencial para inserção em nichos de mercados, desde que respaldadas por ações integradas de pesquisa, extensão e políticas públicas.

3.4 Agrobiodiversidade e conservação

A agrobiodiversidade consiste na variedade genética existente dentro e entre espécies cultivadas, bem como nos sistemas agrícolas e conhecimentos tradicionais que sustentam essa diversidade (FAO, 1999).

É um recurso dinâmico e adaptativo fundamental para a manutenção da segurança alimentar, a resiliência ecológica dos sistemas produtivos e a soberania dos povos que dependem da agricultura de base local (ALTIERI E TOLEDO, 2011).

No caso do abacaxi essa diversidade se manifesta na coexistência de formas silvestres, cultivares comerciais e variedades regionais, resultado da seleção empírica conduzida por gerações de agricultores, especialmente em regiões tropicais como a Amazônia (COPPENS D'EECKENBRUGGE E DUVAL, 2009).

Contudo, esse patrimônio genético encontra-se sob ameaça crescente, em razão da homogeneização dos sistemas produtivos, da substituição de cultivares locais por variedades comerciais geneticamente uniformes e da erosão dos ecossistemas nativos (RODRÍGUEZ-ALFONSO et al., 2017).

A crescente dependência de poucos genótipos globalmente difundidos, como 'MD-2', 'Smooth Cayenne', 'Queen', 'Pérola' limita a base genética da espécie, aumentando sua vulnerabilidade a estresses bióticos como fusariose e cochonilha, e abióticos como variações climáticas e déficits hídricos (REDWAN et al., 2016; ANUAR et al., 2024; FAO, 2024).

Nesse contexto, a conservação de variedades da espécie *A. comosus* especialmente aquelas associadas a territórios específicos e práticas tradicionais torna-se um imperativo tanto técnico quanto sociopolítico (HAYATI E KASIAMDARI, 2024).

Visando compreender a estrutura e a distribuição global das ações de conservação de *Ananas comosus*, esta dissertação desenvolveu uma revisão sistemática intitulada “Bancos Ativos de Germoplasma de Abacaxi: uma revisão sistemática”, apresentada no Capítulo 1.

A revisão mapeou e caracterizou os principais BAGs de abacaxi no mundo, analisando localização geográfica, tipos de materiais conservados, estratégias de conservação empregadas, instituições responsáveis e possíveis vínculos com comunidades locais.

Os resultados evidenciaram uma rede internacional ainda assimétrica, com concentração significativa de BAGs na América Latina e na Ásia.

O Brasil destacou-se como principal centro de conservação de *A. comosus*, tanto em número de acessos quanto em infraestrutura técnica, reflexo de políticas públicas voltadas à agrobiodiversidade, segundo a Lei nº 15.021/2024 que regula o uso, a conservação, o comércio e a rastreabilidade de material genético animal no território nacional, incluindo procedimentos rigorosos de documentação, controle sanitário e responsabilidade institucional (BRASIL, 2024).

Ainda que voltada prioritariamente à genética animal, essa legislação sinaliza um avanço normativo mais amplo sobre a gestão do patrimônio genético nacional, em consonância com o Art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) e com os princípios da Lei da Biodiversidade (Lei nº 13.123/2015) (BRASIL, 2015).

Essa base legal favorece a criação de diretrizes e investimentos voltados à conservação *ex situ* e *on farm* de recursos genéticos vegetais, como os bancos ativos de germoplasma (BAGs). Tal contexto jurídico, aliado à atuação consolidada de instituições como a Embrapa Mandioca e Fruticultura, fortalece as estratégias nacionais de preservação da biodiversidade agrícola, assegurando a manutenção, o uso sustentável e a valorização do patrimônio genético vegetal brasileiro.

A maioria dos BAGs identificados adota estratégias de conservação *ex situ*, incluindo bancos de campo, cultivo *in vitro*, criopreservação e bancos de DNA. Essas abordagens garantem segurança genética e controle técnico, mas apresentam limitações quanto à preservação da dinâmica evolutiva dos genótipos em seus ambientes de origem.

Iniciativas *in situ* e *on-farm*, embora menos frequentes, foram reconhecidas como estratégicas para conservar não somente o material genético, mas também os contextos culturais, ecológicos e agronômicos que o moldaram.

Um ponto crítico evidenciado pela revisão diz respeito à lacuna na conservação de cultivares regionais e tradicionais, particularmente em áreas de alta diversidade como a Amazônia.

Esses materiais, frequentemente mantidos por comunidades tradicionais, exibem características agrônômicas distintas como adaptação a solos ácidos, resistência a doenças locais, sabor diferenciado e capacidade de produção em sistemas agroflorestais, raramente presentes em cultivares comerciais (GARCIA et al., 2013; GARCIA et al., 2024).

Nessa perspectiva, os BAGs situados em regiões de elevada diversidade sociocultural, como os implantados na Amazônia, assumem um papel estratégico não somente como repositórios de variabilidade genética, mas também como ferramentas de resistência biocultural frente à erosão genética e à padronização agrícola global.

Como resposta a esse desafio, iniciativas como o Projeto Abacaxis, desenvolvido em parceria entre a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Embrapa Amazônia Ocidental e Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Amazonas (IDAM), têm desempenhado papel central com a implementação de um BAG com etnovarietades de abacaxi no Amazonas (DONEGÁ, 2023).

Esse banco ativo de germoplasma, implantado na Fazenda Experimental da UFAM, conserva atualmente 40 acessos de etnovarietades coletadas em diferentes municípios do estado, incluindo áreas de povos indígenas e comunidades ribeirinhas, como destacado na tabela 9 e Figura 12 (DONEGÁ, 2023).

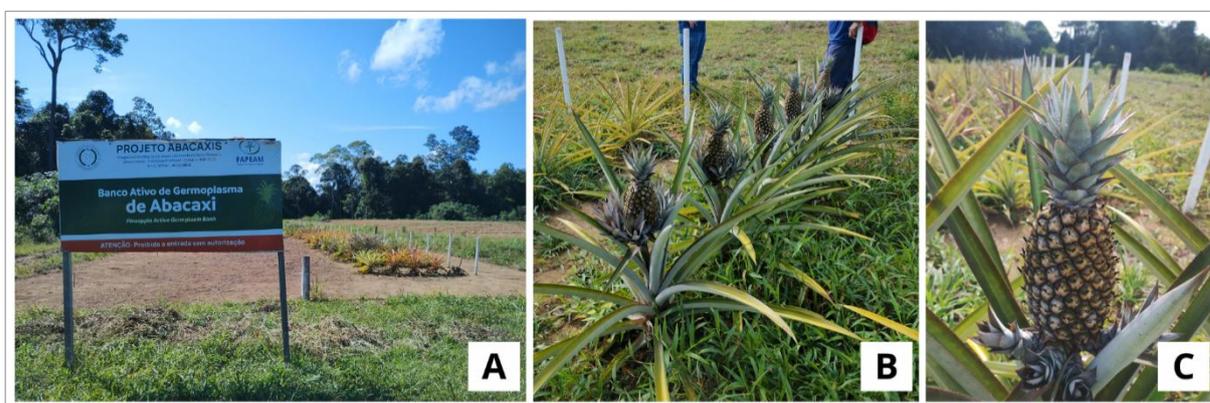


Figura 12. Aspectos visuais do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de abacaxi da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). (A) Visão geral do BAG com a placa de identificação institucional; (B) Etapa de desenvolvimento das infrutescências em diferentes acessos conservados; (C) Detalhe de uma infrutescência madura, evidenciando as características morfológicas. Fonte: Lima (2025).

Além da conservação *ex situ* em campo, esse acervo é complementado por cópias mantidas *in vitro* pela Embrapa Amazônia Ocidental que atua na preservação e multiplicação

segura dos genótipos, garantindo a integridade genética das etnovarietades e ampliando as estratégias de conservação da agrobiodiversidade amazônica (Figura 13).

Essa abordagem integrada fortalece a segurança biológica do banco e permite maior flexibilidade para fins de pesquisa, melhoramento e futuras ações de resgate genético.

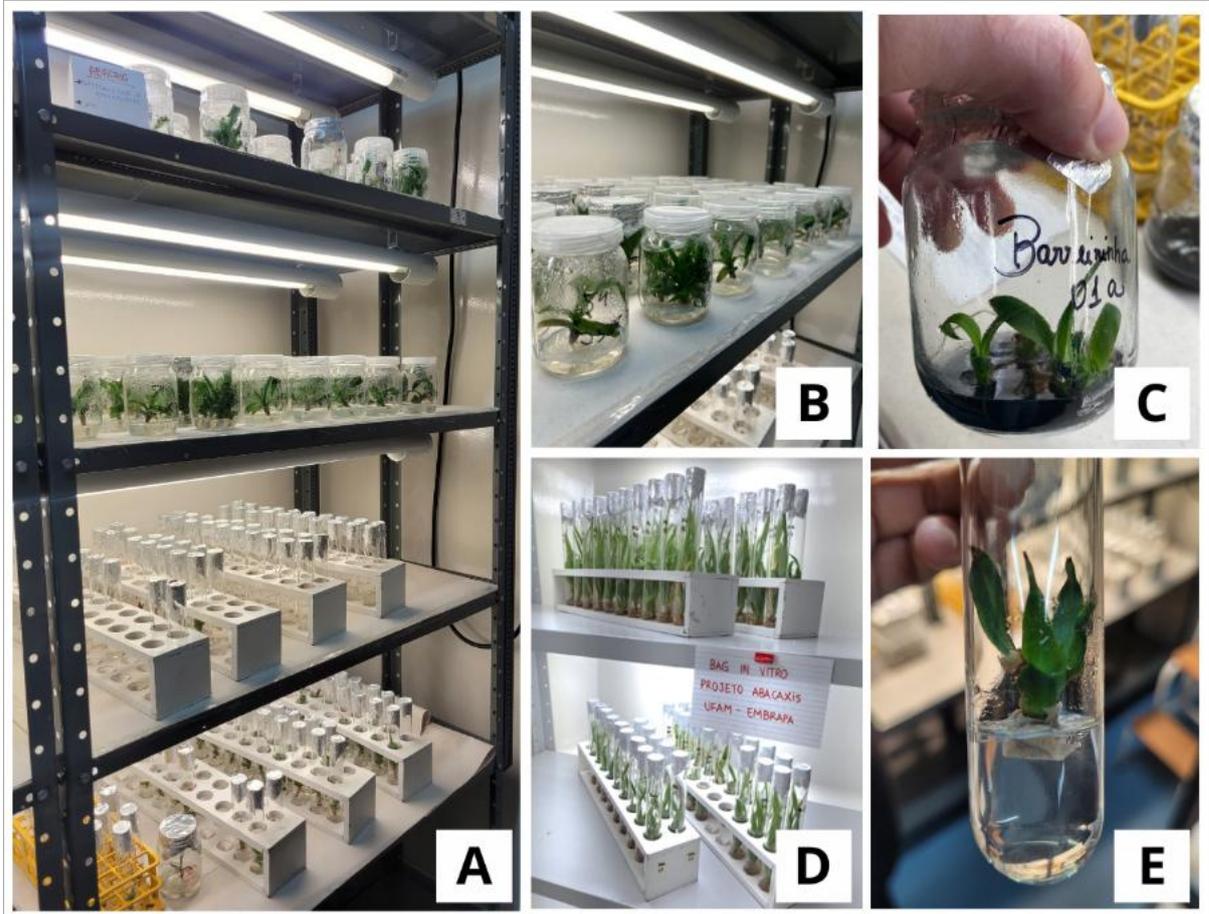


Figura 13. Banco de germoplasma de abacaxi *in vitro* da Embrapa Amazônia Ocidental. (A) Visão geral das estantes contendo frascos com diferentes acessos mantidos sob condições controladas de luz e temperatura. (B, C, D e E) frascos e tubos de ensaios com culturas de tecidos de abacaxi em meio de cultivo nutritivo sólido. *Fonte: Projeto Abacaxis (2021).*

Tabela 10. Relação dos 40 acessos de abacaxi conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), incluindo os respectivos códigos de acesso, municípios de origem e nomenclatura popular das etnovarietades.

Linha do plantio	Código do Acesso	Município de coleta	Variedade
01	BAU_01	São Paulo de Olivença	Graviola
02	BAU_02	São Paulo de Olivença	Azul
03	BAU_03	São Paulo de Olivença	Verdadeiro
04	BAU_04	São Paulo de Olivença	Ananá
05	BAU_05	Autazes	Garrafa
06	BAU_06	Autazes	Liso
07	BAU_07	Codajás	Abacaxi
08	BAU_08	Codajás	Ananá
09	BAU_09	Codajás	Abacaxi
10	BAU_10	Codajás	Cabeça de Onça
11	BAU_11	São Gabriel da Cachoeira	Graviola
12	BAU_12	São Gabriel da Cachoeira	Com espinho
13	BAU_13	São Gabriel da Cachoeira	Roxo
14	BAU_14	São Gabriel da Cachoeira	Ananá
15	BAU_15	Maués	Preto
16	BAU_16	Maués	Liso
17	BAU_17	Manicoré	Abacaxi
18	BAU_18	Manicoré	Cabeça de Onça
19	BAU_19	Benjamin Constant	Abacaxi
20	BAU_20	Benjamin Constant	Abacaxi Grande
21	BAU_21	Benjamin Constant	Vermelho
22	BAU_22	Benjamin Constant	Anão
23	BAU_23	Benjamin Constant	Brasil
24	BAU_24	Benjamin Constant	Árvore de Natal
25	BAU_25	Borba	Ananá
26	BAU_26	Borba	8kg
27	BAU_27	Borba	Garrafa
28	BAU_28	Borba	Liso
29	BAU_29	Tabatinga	Garrafão
30	BAU_30	Tabatinga	Naná
31	BAU_31	Tabatinga	Graciosa
32	BAU_32	Tabatinga	Verdadeiro
33	BAU_33	Tabatinga	Regional
34	BAU_34	Tabatinga	Roxo
35	BAU_35	Tabatinga	Olho de jacaré
36	BAU_36	Tabatinga	Naná sem espinho
37	BAU_37	Japurá	Abacaxi
38	BAU_38	Japurá	Abacaxi
39	BAU_39	Lábrea	Abacaxi
40	BAU_40	Lábrea	Abacaxi

Além de preservar a diversidade da espécie, o projeto visa documentar os saberes tradicionais associados às variedades, fortalecendo o reconhecimento do agricultor tradicional como guardião do germoplasma e sujeito ativo na construção da soberania genética e valorização dos bens comuns agrícolas.

Assim, a conservação da agrobiodiversidade, quando articulada ao etnoconhecimento e à pesquisa científica, torna-se uma estratégia integradora de desenvolvimento sustentável, justiça territorial e inovação agroecológica (Figura 14).



Figura 14. Áreas de coleta de mudas utilizados na composição do Banco Ativo de Germoplasma de abacaxi. (A) Sistema de cultivo tradicional em área de floresta aberta; (B) Plantio consorciado de abacaxi em ambiente agroflorestal; (C) Agricultores familiares envolvidos no processo de coleta de mudas; (D) Infrutescência em fase de colheita, evidenciando a diversidade fenotípica local. *Fonte: Projeto Abacaxis (2021).*

3.5 Caracterização morfoagronômica das infrutescências

A caracterização morfoagronômica de plantas é uma ferramenta essencial para a descrição, distinção e avaliação de materiais genéticos, permitindo identificar padrões fenotípicos, estimar a variabilidade existente e subsidiar estratégias de conservação e melhoramento genético (FAO, 2011).

No abacaxi, a infrutescência é a principal estrutura de interesse comercial e a mais utilizada em estudos de caracterização, por concentrar atributos agronômicos e sensoriais diretamente relacionados ao valor de mercado e à aceitação pelo consumidor (FREITAS et al., 2024).

A caracterização de infrutescências pode ser realizada a partir de descritores qualitativos e quantitativos. Entre os descritores quantitativos, destacam-se massa e comprimento das partes que compõem a infrutescência, quanto aos descritores qualitativos envolvem coloração, presença de acúleos, formato da infrutescência, textura da polpa e aroma IBPGR (1991).

O uso desses descritores, especialmente quando padronizados por instituições como o IBPGR (1991) e Embrapa (SOUZA, et al., 2021), permite comparações entre genótipos, regiões e sistemas de cultivo, contribuindo para a documentação científica de variedades locais.

No contexto amazônico, a caracterização morfoagronômica de infrutescências assume um papel estratégico na valorização das etnovariedades conservadas por agricultores familiares e povos tradicionais. Tais variedades, muitas vezes nomeadas localmente com base em atributos fenotípicos ou simbólicos, permanecem fora dos sistemas formais de registro e certificação (GARCIA et al., 2024; GARCIA et al., 2025).

A caracterização das infrutescências também pode ser aprofundada por meio de análises físico-químicas, que fornecem informações relevantes sobre a qualidade nutricional e sensorial das infrutescências. Parâmetros como o teor de vitamina C, os sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (ATT) e a relação SS/AT são amplamente utilizados para avaliar o potencial de consumo *in natura* e a aptidão tecnológica das variedades (RASHIMA et al., 2019).

Esses indicadores permitem estimar o grau de maturação, o equilíbrio entre doçura e acidez, além de inferir a aceitação comercial do fruto, sendo essenciais para subsidiar tanto estratégias de melhoramento quanto iniciativas de agregação de valor voltadas a mercados diferenciados.

A caracterização desses materiais não somente fornece base científica para sua conservação, mas também cria condições para sua valorização comercial, inclusão em políticas públicas e reconhecimento como patrimônio genético e cultural da região.

3.6 Etnoconhecimento e valorização de sistemas tradicionais

O etnoconhecimento, entendido como o conjunto de saberes, práticas e significados desenvolvidos por povos e comunidades tradicionais em interação contínua com seus territórios, constitui um sistema epistemológico legítimo e profundamente conectado à conservação da agrobiodiversidade (BARBOSA et al., 2024).

Esse conhecimento empírico, transmitido oralmente por gerações, abrange critérios próprios de seleção varietal, manejo agroecológico, interpretação de sinais fenológicos e usos múltiplos das plantas cultivadas, muitas vezes ignorados pela ciência convencional (SANTILI, 2004).

No abacaxi, estudos relatam que as comunidades indígenas, ribeirinhas e agricultores familiares amazônicos utilizam nomenclaturas próprias para as etnovarietades, baseadas em atributos como coloração da casca, sabor, tempo de maturação, presença de acúleos e uso medicinal (GARCIA et al., 2013).

Esses critérios orientam práticas de manejo específicas como espaçamento, consorciação e seleção de mudas, que contribuem diretamente para a manutenção da diversidade genética *in situ* e *on-farm* (SOUZA et al., 2021).

No contexto amazônico, a valorização dos sistemas agrícolas tradicionais baseados no cultivo de etnovarietades de abacaxi representa não somente uma estratégia de conservação biológica, mas também de afirmação identitária, geração de renda e soberania alimentar.

Ao documentar as etnovarietades locais, caracterizá-las cientificamente e associá-las às práticas socioculturais que lhes dão sentido, esta dissertação contribui para um modelo de pesquisa comprometido com a diversidade em suas múltiplas dimensões: genética, ecológica, cultural e política.

A integração entre ciência e tradição, nesse sentido, deixa de ser um ideal abstrato e compõe uma estratégia concreta de inovação sustentável e de resistência frente à homogeneização dos sistemas agroalimentares.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de coleta

As infrutescências de abacaxis foram coletadas em estágio de maturação colorido a amarelo (Figura 15 C-D) no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de abacaxi, localizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas, no Km 39 da BR-174 (Figura 16).

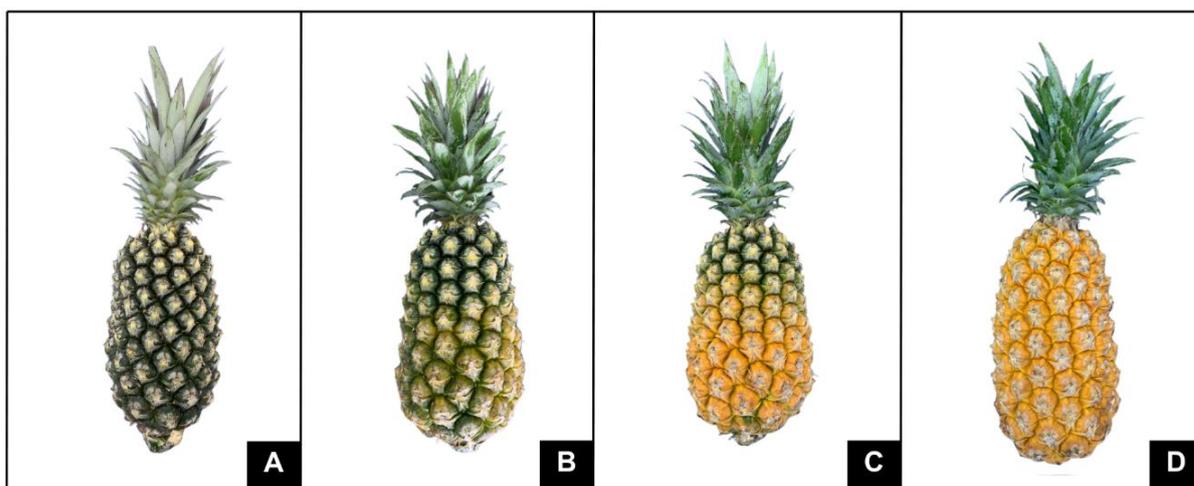


Figura 15. Estádios de maturação do abacaxi. (A) Verdoso; (B) Pintado; (C) Colorido e (D) Amarelo. Fonte: Abreu (2024).

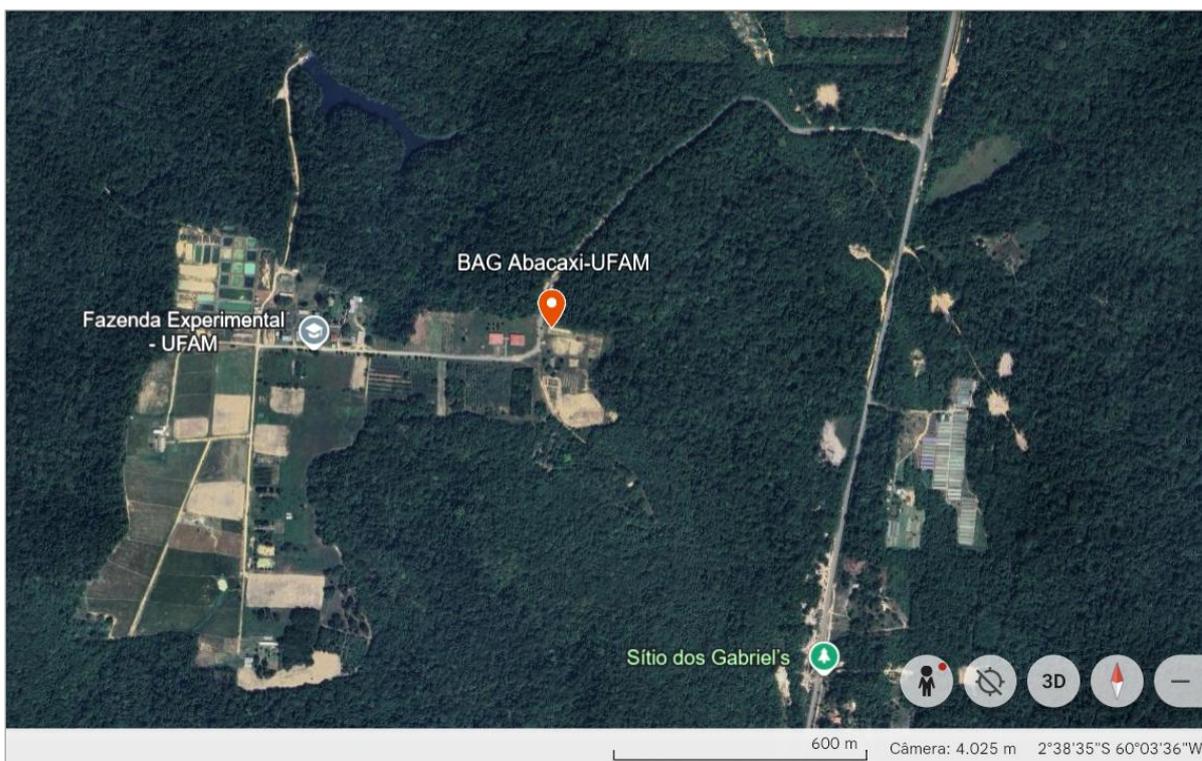


Figura 16. Localização do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de abacaxi da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situado na Fazenda Experimental da UFAM, zona rural do município de Manaus, Amazonas. *Fonte: Google Earth (2025), adaptado por Lima (2025).*

Após a colheita, as infrutescências foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas ao Laboratório de fisiologia, pós-colheita de Frutos Tropicais da Universidade Federal do Amazonas, onde foram realizadas as análises agronômicas e físico-químicas.

Foram caracterizadas oito etnovariedades do BAG/UFAM, identificadas como: BAU_02 (Azul), BAU_03 (Verdadeiro) e BAU_04 (Ananá), estas do município de São Paulo de Olivença, BAU_05 (Garrafa) de Autazes, BAU_07 (Abacaxi Roxo) de Codajás, BAU_17 (Abacaxi) e BAU_18 (Cabeça de Onça) de Manicoré e BAU_020 (Abacaxi Grande) de Benjamin Constant, conforme identificado na figura 17.

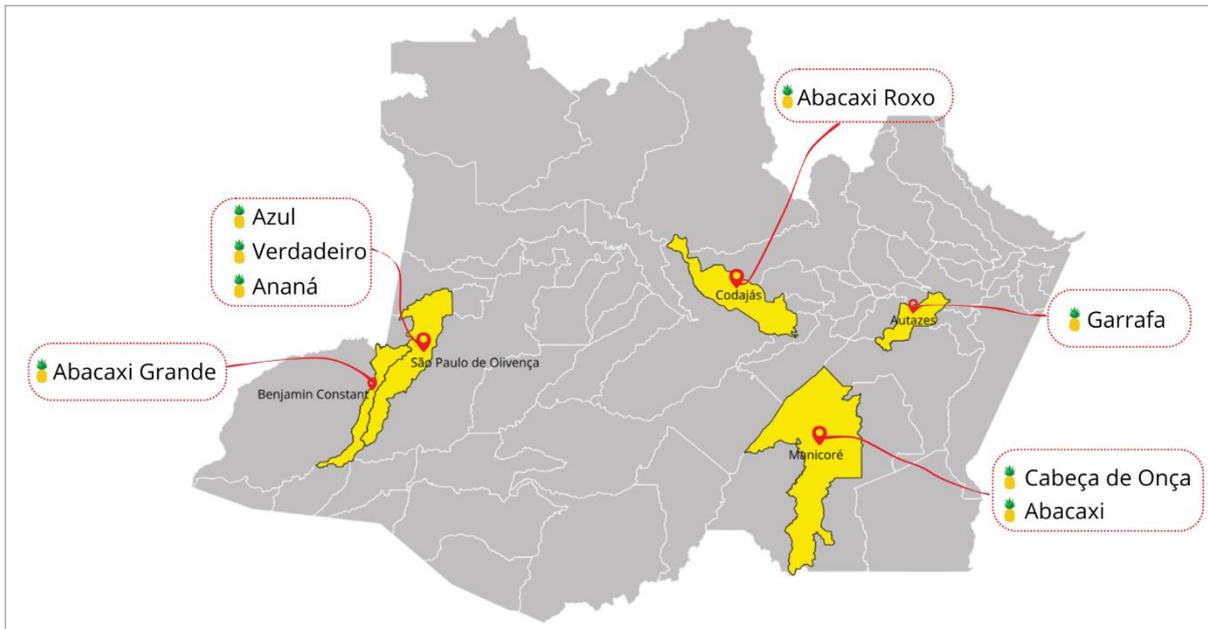


Figura 17. Municípios do estado do Amazonas onde foram coletadas mudas de etnovarietades de abacaxi destinadas à composição do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).
 Fonte: Elaborado no QGIS, adaptado por Lima (2025).

A seleção das infrutescências utilizadas nos ensaios baseou-se na disponibilidade de material com número mínimo de indivíduos por acesso, condição necessária para a realização das análises morfoagronômicas e físico-químicas.

4.2 Caracterização morfoagronômica

A caracterização morfológica seguiu os descritores qualitativos e quantitativos recomendados por Souza et al. (2021) para a espécie *Ananas comosus*.

Para a coroa foram avaliados: presença de acúleos, forma, cor e comprimento (cm), presença e coloração das brácteas basais.

Para a infrutescência foram mensurados: a forma; o peso com e sem a coroa (g) utilizando balança digital de precisão; o comprimento da infrutescência e o comprimento dos frutículos (cm) com auxílio de fita métrica e paquímetro digital; diâmetro medido por paquímetro digital (mm) na região medial da infrutescência. Além disso, foi caracterizado a dimensão das brácteas que sobrepõem os frutículos.

A firmeza da polpa foi determinada com penetrômetro digital (ponteira de 6 mm), avaliando as regiões basal, medial e apical, com resultados expressos em Newton (N).

4.3 Processamento e armazenamento das amostras

Os abacaxis foram higienizados com solução sanitizante vegetal (1 g/L) conforme a orientação do produto, submersos por 5 minutos e lavados com água corrente para retirar o produto.

Em seguida, os abacaxis foram descascados e segmentados em polpa (região basal, medial e apical) e cilindro central (regiões basal, medial e apical) totalizando seis amostras de cada abacaxi, demonstrado na figura 18.

As amostras foram acondicionadas em frascos coletores e armazenadas sob refrigeração para posterior análise laboratorial.



Figura 18. Esquema de segmentação das infrutescências de abacaxi para análises físico-químicas. A infrutescência foi dividida em duas partes anatômicas: polpa (à direita) e cilindro central (à esquerda), ambas seccionadas em três regiões longitudinais, basal (P1/C1), medial (P2/C2) e apical (P3/C3) totalizando seis amostras. *Fonte: Lima (2025).*

4.3.1 Vitamina C

A determinação do teor de vitamina C foi através do método titulométrico de Tillman considerado um método oficial da AOAC (2005). As análises foram realizadas no dia da coleta dos abacaxis para que não houvesse alterações nos teores de ácido ascórbico.

Após o processamento foi tomado 1g da amostra para o preparo do extrato e realizou-se posteriormente a titulação com a solução de Tillman até a amostra apresentar a cor rosa claro.

4.3.2 pH

Foi aferido diretamente na polpa utilizando o pHmetro digital.

4.3.3 Sólidos solúveis (SS)

A determinação dos sólidos solúveis fora obtida por leitura em refratômetro digital, o procedimento consistiu em adicionar uma ou duas gotas no refratômetro e ler o resultado expresso em °Brix, de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (2005).

4.3.4 Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, utilizando 1 grama da amostra para preparar o extrato e adicionado duas gotas da solução de fenolftaleína 1% como indicador, segundo o método oficial da AOAC (2005), até a amostra apresentar coloração rosa claro.

4.3.5 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)

A relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (relação SS/AT) foi calculada como indicador de sabor.

4.3.6 Açúcares solúveis totais (AST)

Foi tomado 0,2 gramas da polpa para determinação de açúcares solúveis totais, por meio das reações com antrona, conforme metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 620nm.

4.4 Análise dos dados

4.4.1 Análises univariadas: ANOVA e teste de Tukey

Foram analisadas três infrutescências por etnovarietade. Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade para avaliar a distribuição das variáveis.

Em seguida, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças significativas entre as médias das etnovarietades. Quando identificadas diferenças estatísticas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

4.4.2 Análises multivariadas: PCA, agrupamento e análise discriminante

As variáveis quantitativas foram padronizadas e submetidas às análises multivariadas para investigar os padrões de variação entre as etnovarietades de abacaxi e o cultivar Turiaçu Amazonas.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar as principais fontes de variação. A Análise de Agrupamento Hierárquico (UPGMA, com base na distância euclidiana) permitiu a identificação de grupos de acessos com perfis semelhantes.

Por fim, a Análise Discriminante Linear (ADL) foi aplicada para validar os agrupamentos e identificar as variáveis mais relevantes na separação entre os grupos. As análises foram realizadas no software R (versão 4.5.1) (R Core Team, 2025).

5. RESULTADOS

5.1 Identificação das etnovarietades

As etnovariedades de *Ananas comosus* analisadas neste estudo correspondem a acessos coletados em diferentes municípios do estado do Amazonas e atualmente conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

A identificação dessas variedades foi realizada com base na nomenclatura popular atribuída pelos próprios agricultores familiares, refletindo a diversidade morfológica, simbólica e cultural associada a esses materiais.

Os nomes locais incluem designações como “Cabeça de Onça”, “Abacaxi Roxo”, “Garrafa”, “Ananá” “Azul”, “Verdadeiro” e “Abacaxi Grande”, evidenciando critérios fenotípicos e socioculturais utilizados pelas comunidades tradicionais na distinção das variedades.

A Figura 19 apresenta imagens representativas dessas etnovariedades: (A) Azul (BAU_02); (B) Verdadeiro (BAU_03); (C) Ananá (BAU_04); (D) Garrafa (BAU_05); (E) Abacaxi Roxo (BAU_07); (F) Abacaxi (BAU_17); (G) Cabeça de Onça (BAU_18); e (H) Abacaxi Grande (BAU_20).

Essas etnovariedades representam parte da ampla agrobiodiversidade no Amazonas e demonstram o potencial de conservação e valorização de materiais genéticos mantidos por agricultores familiares no estado.

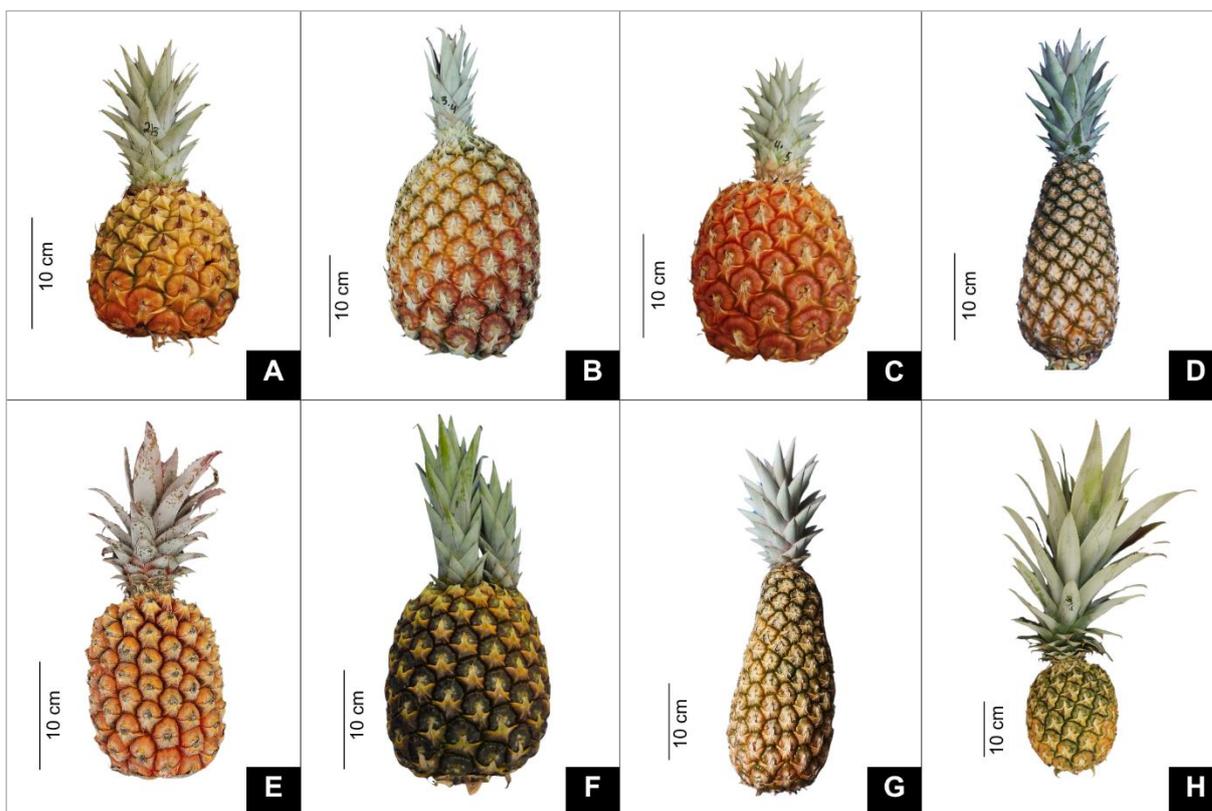


Figura 19. Infrutescências representativas de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. (A) Azul (BAU_02); (B) Verdadeiro (BAU_03); (C) Ananá (BAU_04);

(D) Garrafa (BAU_05); (E) Abacaxi Roxo (BAU_07); (F) Abacaxi (BAU_17); (G) Cabeça de Onça (BAU_18); (H) Abacaxi Grande (BAU_20). *Fonte: Lima (2025).*

5.2 Características morfológicas das infrutescências

As infrutescências das etnovariedades de abacaxi analisadas apresentaram ampla diversidade de características morfológicas, refletindo a riqueza genética presente no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM.

A caracterização morfoagronômica foi realizada com base em descritores qualitativos e quantitativos, permitindo a identificação de variações tanto entre diferentes etnovariedades quanto entre repetições de um mesmo acesso.

Essa diversidade morfológica é relevante para a compreensão da agrobiodiversidade local, bem como para subsidiar estratégias de conservação, seleção e uso sustentável dessas variedades em sistemas produtivos tradicionais.

5.2.1 Descritores qualitativos

A caracterização qualitativa das infrutescências das etnovariedades de abacaxi revelou ampla variabilidade morfológica entre os acessos do Banco Ativo de Germoplasma da UFAM (figura 19).

A forma da coroa predominante foi cônica, observada em todas as etnovariedades analisadas. Quanto à presença de acúleos nas folhas da coroa, observou-se uma distribuição equilibrada: quatro etnovariedades apresentaram coroas com acúleos (BAU_05, BAU_07, BAU_18 e BAU_20) e quatro etnovariedades apresentaram coroas sem acúleos (BAU_02, BAU_03, BAU_04 e BAU_17) observados na tabela 11 e figura 19.

As brácteas basais da coroa estiveram presentes em todos os acessos, sem variações quanto à sua ocorrência. A cor variou entre verde-claro, amarelo, alaranjado e marrom, sendo a coloração verde-claro a mais frequente (tabela 11).

A forma do sincarpo apresentou expressiva diversidade, com ocorrência de formatos cilíndrico, cônico, ovoide e globoso. A forma cilíndrica foi observada nos acessos BAU_02 (Azul), BAU_03 (Verdadeiro) e BAU_20 (Abacaxi Grande). A forma cônica ocorreu nos acessos BAU_04 (Ananá), BAU_05 (Garrafa) e BAU_18 (Cabeça de Onça). A forma ovoide foi registrada em BAU_07 (Abacaxi Roxo) e em repetições de BAU_20 (Abacaxi Grande). Já a forma globosa foi exclusiva do acesso BAU_17 (Abacaxi) (tabela 11).

Destaca-se que, além da variabilidade entre as etnovariedades, também foram observadas diferenças morfológicas entre as repetições de uma mesma etnovariabilidade, especialmente nos descritores forma do sincarpo, cor das brácteas e cor das brácteas dos frutículos, indicando a influência de fatores microambientais ou genéticos intraacesso na

expressão fenotípica. Quanto à coloração dos frutículos, predominaram os tons verdes e alaranjados, com variações de intensidade entre as infrutescências analisadas (tabela 11).

Tabela 11. Caracterização morfológica qualitativa das infrutescências de oito etnovariedades de *Ananas comosus* L. (abacaxi) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM.

ID	Etnovariedade	Repetição	Forma da coroa	Acúleos	Brácteas base da coroa	Cor das brácteas	Forma do sincarpo	Cor das brácteas dos frutículos
BAU_02	Azul	1	Cônica	Ausente	Presente	Marrom	Cilíndrica	Alaranjado
		2	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Cilíndrica	Branco-creme
		3	Cônica	Ausente	Presente	Amarelo	Cônica	Alaranjado
BAU_03	Verdadeiro	1	Cônica	Ausente	Presente	Marrom	Ovoide	Branco-creme
		2	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Cilíndrica	Branco-creme
		3	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Cilíndrica	Branco-creme
BAU_04	Ananá	1	Cônica	Ausente	Presente	Amarelo	Cônica	Amarelo-claro
		2	Cônica	Ausente	Presente	Alaranjado	Ovoide	Amarelo
		3	Cônica	Ausente	Presente	Alaranjado	Cônica	Amarelo
BAU_05	Garrafa	1	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cônica	Verde
		2	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cônica	Verde
		3	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cônica	Verde
BAU_07	Abacaxi Roxo	1	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Ovoide	Verde
		2	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Ovoide	Verde
		3	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Ovoide	Amarelo
BAU_17	Abacaxi	1	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Globosa	Verde
		2	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Globosa	Verde
		3	Cônica	Ausente	Presente	Verde-claro	Globosa	Verde
BAU_18	Cabeça de Onça	1	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cônica	Verde
		2	Cônica	Presente	Presente	Alaranjado	Cônica	Verde
		3	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cônica	Amarelo
BAU_20	Abacaxi Grande	1	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Cilíndrica	Verde-claro
		2	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Ovoide	Amarelo
		3	Cônica	Presente	Presente	Verde-claro	Ovoide	Amarelo

5.2.2 Descritores quantitativos

As infrutescências das etnovariedades de abacaxi analisadas apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) para todas as variáveis morfológicas avaliadas, conforme demonstrado pelos agrupamentos distintos no teste de Tukey (Tabela 12).

Tabela 12. Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das características morfológicas das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. *Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).*

ID	Etnovariedade	Comprimento da coroa (cm)	Peso da coroa (g)	Comprimento sincarpo (cm)	Peso sincarpo (kg)	Diâmetro sincarpo (mm)	Nº de frutículos	Comprimento dos frutículos (cm)	Firmeza da polpa (N)
BAU_02	Azul	7,3 \pm 2,9b	0,05 \pm 0,0b	10,0 \pm 2,0d	0,4 \pm 0,2c	89,0 \pm 5,0d	98 \pm 36,0b	2,4 \pm 0,6b	6,6 \pm 1,1b
BAU_03	Verdadeiro	10,8 \pm 3,7b	0,06 \pm 0,0b	18,1 \pm 0,0c	1,5 \pm 0,6b	110,9 \pm 10,2c	140 \pm 22,3b	3,3 \pm 0,4b	4,2 \pm 0,5b
BAU_04	Ananá	8,6 \pm 2,9b	0,08 \pm 0,0b	15,5 \pm 2,8d	0,9 \pm 0,2c	104,5 \pm 13,1d	108 \pm 20,0b	3,2 \pm 0,2b	4,5 \pm 1,5b
BAU_05	Garrafa	14,5 \pm 0,8b	0,1 \pm 0,0b	17,0 \pm 1,3d	0,9 \pm 0,1c	90,3 \pm 6,4d	163 \pm 17,9a	2,5 \pm 0,6b	9,8 \pm 3,9b

BAU_07	Abacaxi Roxo	11,0 ± 2,5b	0,05 ± 0,0b	12,1 ± 0,6d	0,5 ± 0,0c	86,2 ± 2,0d	118 ± 6,4b	2,5 ± 0,2b	15,9 ± 1,3a
BAU_17	Abacaxi	15,9 ± 2,1b	0,1 ± 0,0b	18,8 ± 2,8c	2,3 ± 0,1a	125,0 ± 6,1a	120 ± 8,1b	3,8 ± 0,3a	12,0 ± 1,7b
BAU_18	Cabeça de Onça	14,8 ± 1,7b	0,1 ± 0,0b	24,3 ± 1,3a	1,0 ± 0,3c	96,0 ± 2,5d	164 ± 11,1a	2,9 ± 0,2b	14,8 ± 6,1a
BAU_20	Abacaxi Grande	22,6 ± 9,3a	0,3 ± 0,1a	20,8 ± 4,8b	1,6 ± 0,3b	118,2 ± 3,8b	111 ± 11,0b	3,5 ± 0,1b	5,2 ± 1,1b

5.2.2.1 Comprimento e peso da coroa

As etnovariedades de abacaxis avaliadas apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) no comprimento e peso da coroa (cm), conforme evidenciado pelos agrupamentos distintos formados pelo teste de Tukey (Figuras 20 e 21).

O comprimento da coroa das infrutescências variou de $7,3 \pm 2,9$ cm, observado na etnovariedade Azul (BAU_02), até $22,6 \pm 9,3$ cm, registrado em Abacaxi Grande (BAU_20). Esta última se destacou significativamente das demais, compondo grupo isolado ('a') segundo o teste de Tukey, refletindo seu elevado desenvolvimento vegetativo nessa característica (Figura 20).

As demais etnovariedades, Azul, Ananá, Verdadeiro, Abacaxi Roxo, Garrafa, Cabeça de Onça e Abacaxi apresentaram valores médios inferiores e estatisticamente semelhantes entre si, compondo um único grupo homogêneo ('b'), com médias variando de 7,3 a 15,9 cm.

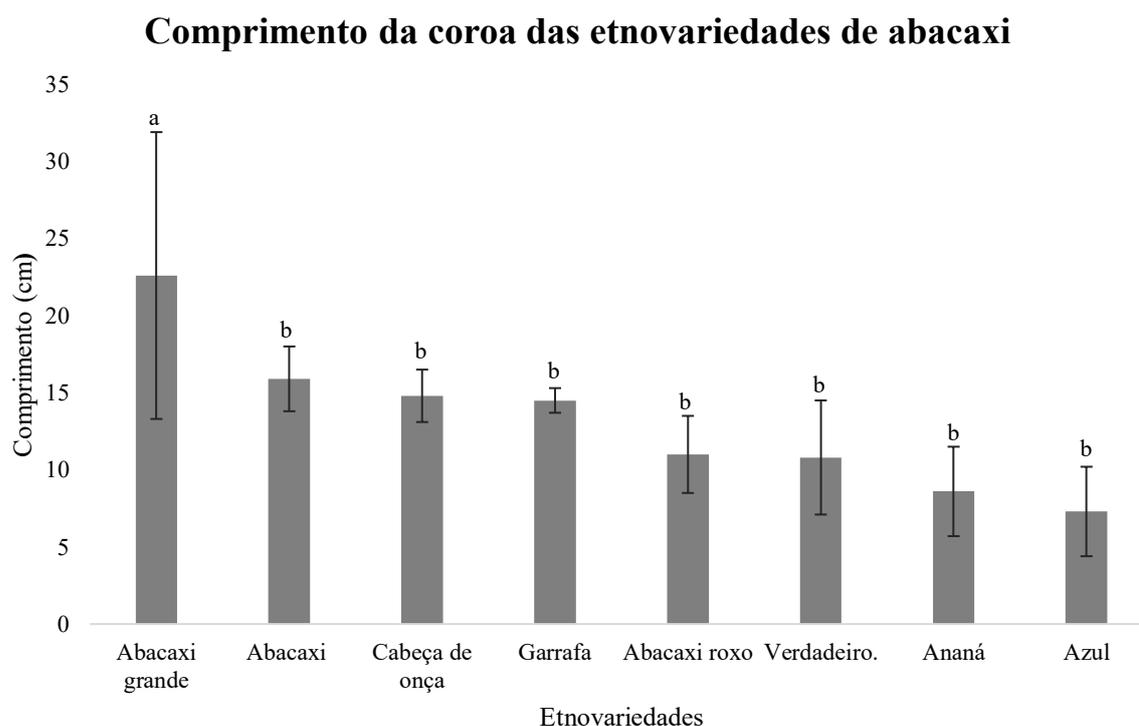


Figura 20. Comprimento médio da coroa (cm) das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus*) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras

diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

Quanto ao peso da coroa da etnovarietade Abacaxi Grande destacou-se por apresentar o maior peso médio ($0,3 \pm 0,1$ g), sendo a única incluída no grupo 'a', diferindo estatisticamente das demais (Figura 21).

Por outro lado, as etnovarietades Garrafa, Abacaxi, Cabeça de Onça, Ananá, Verdadeiro, Azul e Abacaxi Roxo apresentaram pesos médios da coroa que variaram entre 0,05 g e 0,1 g, compondo um grupo homogêneo grupo 'b', sem diferença estatística significativa entre si. Essa homogeneidade sugere uma distribuição relativamente estável dessa característica entre a maioria dos acessos avaliados.

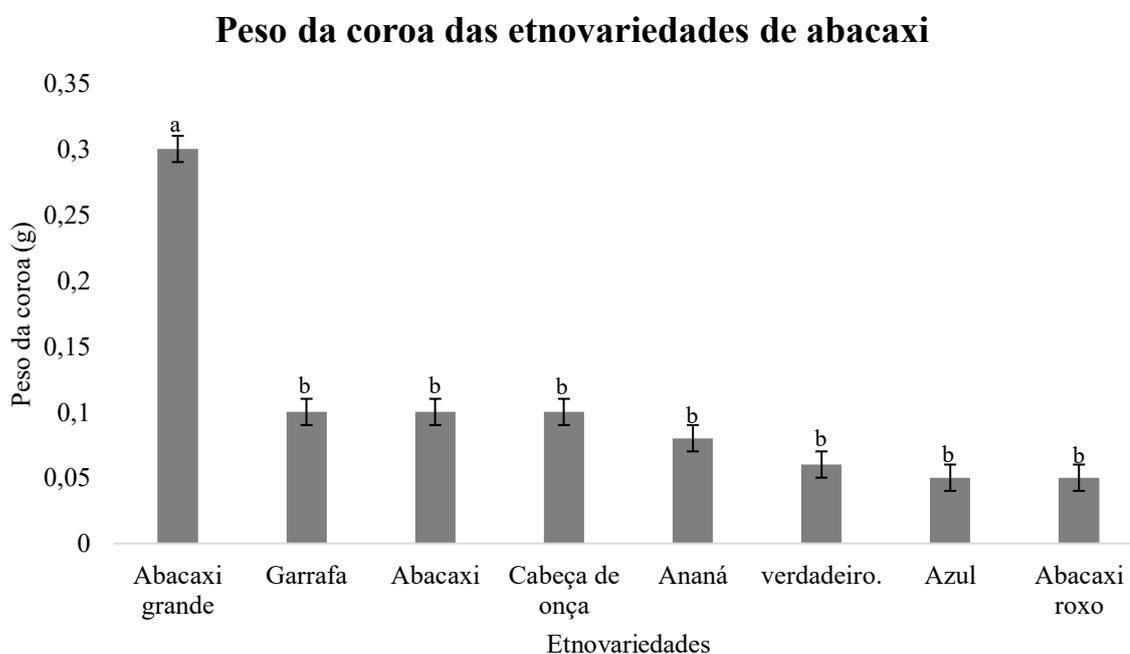


Figura 21. Peso médio da coroa (cm) das infrutescências de etnovarietades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.2.2.2 Comprimento, peso e diâmetro do sincarpo

As etnovarietades de abacaxis avaliadas apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) quanto ao comprimento (cm), peso (kg) e no diâmetro (mm) do sincarpo, conforme evidenciado pelos agrupamentos distintos formados pelo teste de Tukey (Figuras 22, 23 e 24).

A etnoveriedade Cabeça de Onça apresentou o maior comprimento médio do sincarpo ($24,3 \pm 1,3$ cm) sendo a única classificada no grupo 'a', o que indica superioridade estatística em relação às demais (Figura 22).

Enquanto, Abacaxi Grande destacou-se com comprimento médio de $20,8 \pm 4,8$ cm, compondo um grupo intermediário grupo 'b' e Abacaxi ($18,8 \pm 2,8$ cm) e Verdadeiro ($18,1 \pm 0,0$ cm) apresentaram médias semelhantes, sendo agrupadas no grupo 'c', sem diferença significativa entre si (Figura 22).

As etnoveriedades Garrafa, Ananá, Abacaxi Roxo e Azul apresentaram os menores comprimentos de sincarpo, com valores variando entre $17,0 \pm 1,3$ cm (Garrafa) e $10,0 \pm 2,0$ cm (Azul), todas incluídas no grupo 'd' (Figura 22).

Comprimento do sincarpo das etnoveriedades de abacaxi

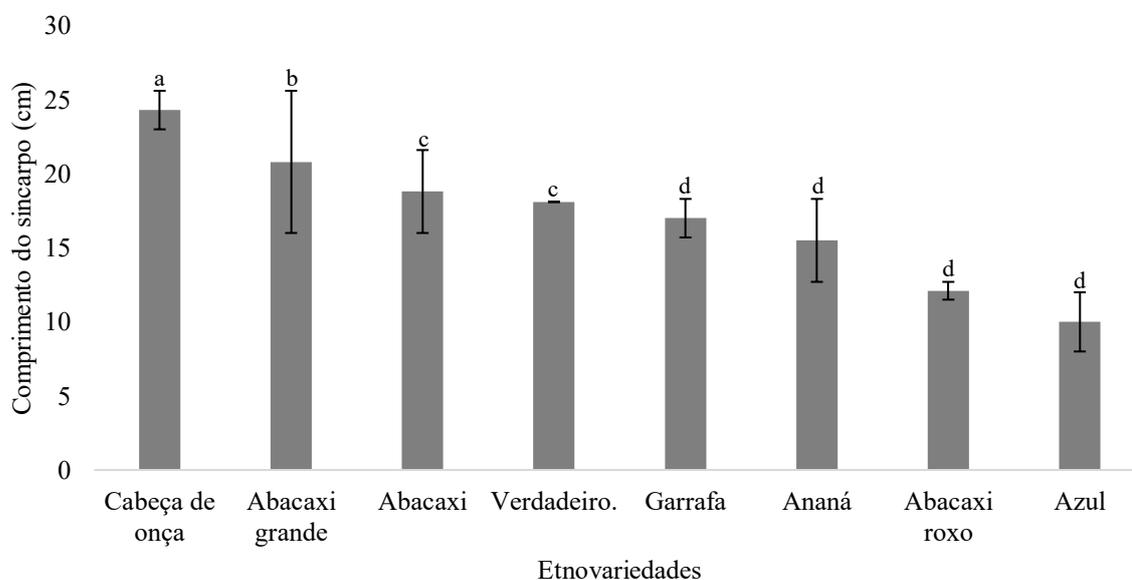


Figura 22. Comprimento médio do sincarpo (cm) de etnoveriedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Lima (2025).

A etnoveriedade Abacaxi (BAU_17) destacou-se por apresentar o maior peso médio do sincarpo ($2,3 \pm 0,1$ kg), sendo a única classificada no grupo 'a', indicando superioridade estatística frente às demais (Figura 23).

Abacaxi Grande (BAU_20) apresentou valor intermediário de $1,6 \pm 0,3$ kg, compondo o grupo 'b', juntamente com Verdadeiro ($1,5 \pm 0,6$ kg). Cabeça de Onça ($1,0 \pm 0,3$ kg), Ananá ($0,9 \pm 0,2$ kg), Garrafa ($0,9 \pm 0,1$ kg), Abacaxi Roxo ($0,5 \pm 0,0$ g) e Azul ($0,4 \pm 0,2$ kg) que de

apresentarem médias inferiores, não diferiram estatisticamente entre si classificadas no grupo 'c' (Figura 23).

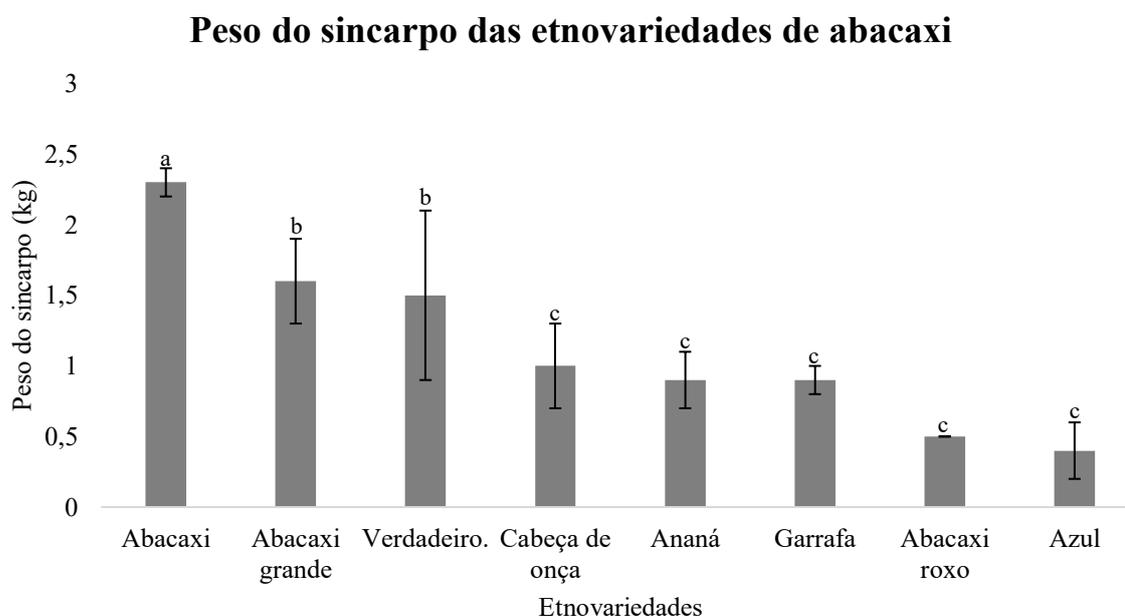


Figura 23. Peso médio do sincarpo (kg) de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

Quanto ao diâmetro do sincarpo (mm), como evidenciado pelos agrupamentos definidos pelo teste de Tukey (Figura 24), a etnovariedade Abacaxi (BAU_17) apresentou o maior valor médio de diâmetro ($125,0 \pm 6,1$ mm), sendo a única classificada no grupo 'a', demonstrando superioridade estatística em relação às demais.

A etnovariedade Abacaxi Grande (BAU_20) registrou valor intermediário ($118,2 \pm 3,8$ mm), compondo o grupo 'b', seguida de Verdadeiro ($110,9 \pm 10,2$ mm) no grupo 'c', indicando diferenciação estatística em níveis decrescentes (Figura 24).

As demais etnovariedades, Ananá ($104,5 \pm 13,1$ mm), Cabeça de Onça ($96,0 \pm 2,5$ mm), Garrafa ($90,3 \pm 6,4$ mm), Azul ($89,0 \pm 5,0$ mm) e Abacaxi Roxo ($86,2 \pm 2,0$ mm) foram agrupadas no grupo 'd', caracterizando os menores diâmetros médios, estatisticamente inferiores às demais etnovariedades analisadas (Figura 24). Esses resultados revelam ampla variação na espessura e forma do sincarpo entre os acessos conservados no BAG.

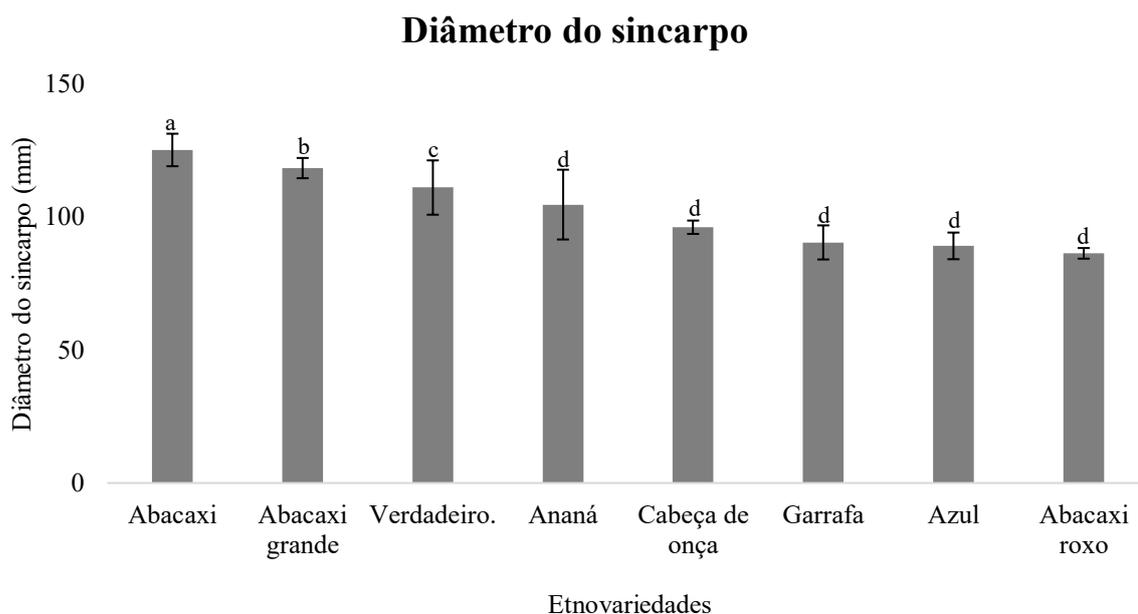


Figura 24. Diâmetro médio do sincarpo (mm) de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.2.2.3 Número e comprimento dos frutículos

As etnovariedades de abacaxi analisadas apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) no número e comprimento dos frutículos do sincarpo, conforme os agrupamentos obtidos pelo teste de Tukey (Figuras 25 e 26).

As etnovariedades Cabeça de Onça (BAU_18) e Garrafa (BAU_05) apresentaram os maiores valores médios, com $164 \pm 11,1$ e $163 \pm 17,9$ frutículos, respectivamente, sendo as únicas a compor o grupo 'a', estatisticamente superior (Figura 25).

As demais etnovariedades como Verdadeiro (BAU_03: $140 \pm 22,3$), Abacaxi (BAU_17: $120 \pm 8,1$), Abacaxi Roxo (BAU_07: $118 \pm 6,4$), Abacaxi Grande (BAU_20: $111 \pm 11,0$), Ananá (BAU_04: $108 \pm 20,0$) e Azul (BAU_02: $98 \pm 36,0$) foram agrupadas no grupo 'b', sem distinções estatísticas entre si e apresentaram menores médias em comparação com os acessos do grupo 'a'.

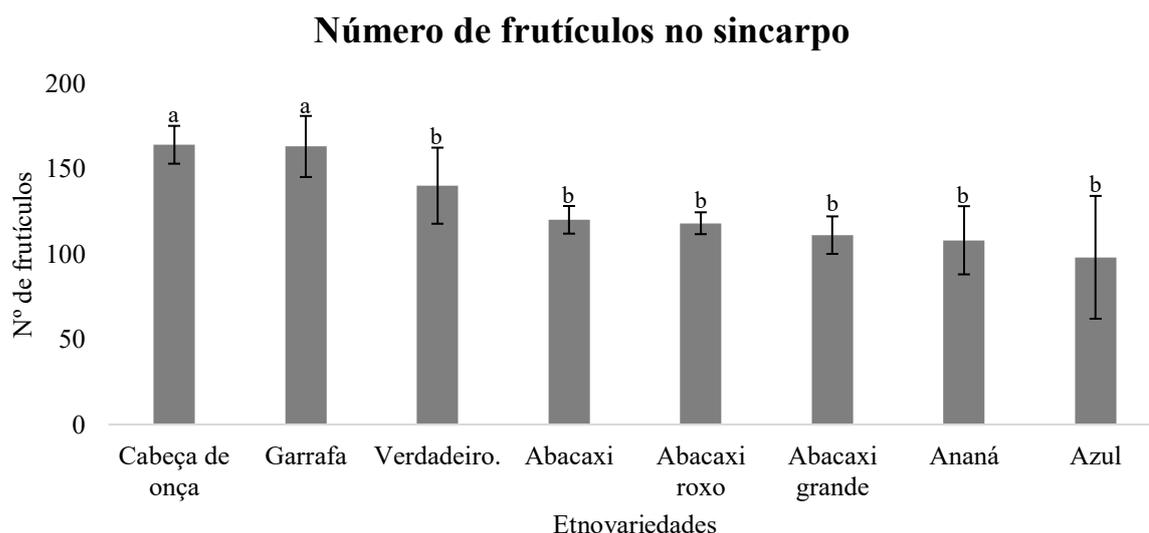


Figura 25. Número de frutículos do sincarpo de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

A etnovariedade Abacaxi (BAU_17) destacou-se com o maior comprimento médio dos frutículos ($3,8 \pm 0,3$ cm), sendo a única integrante do grupo ‘a’, estatisticamente superior às demais (Figura 26).

As demais etnovariedades Abacaxi Grande ($3,5 \pm 0,1$ cm), Verdadeiro ($3,3 \pm 0,4$ cm), Ananá ($3,2 \pm 0,2$ cm), Cabeça de Onça ($2,9 \pm 0,2$ cm), Garrafa ($2,5 \pm 0,6$ cm), Abacaxi Roxo ($2,5 \pm 0,2$ cm) e Azul ($2,4 \pm 0,6$ cm) foram agrupadas no grupo ‘b’, indicando ausência de diferenças estatísticas entre si para essa variável (Figura 26).

Apesar da semelhança estatística, nota-se uma tendência de menores comprimentos nos frutículos das etnovariedades Azul, Garrafa e Abacaxi Roxo, que apresentaram os valores mais baixos dentro do grupo ‘b’.

Comprimento dos frutículos

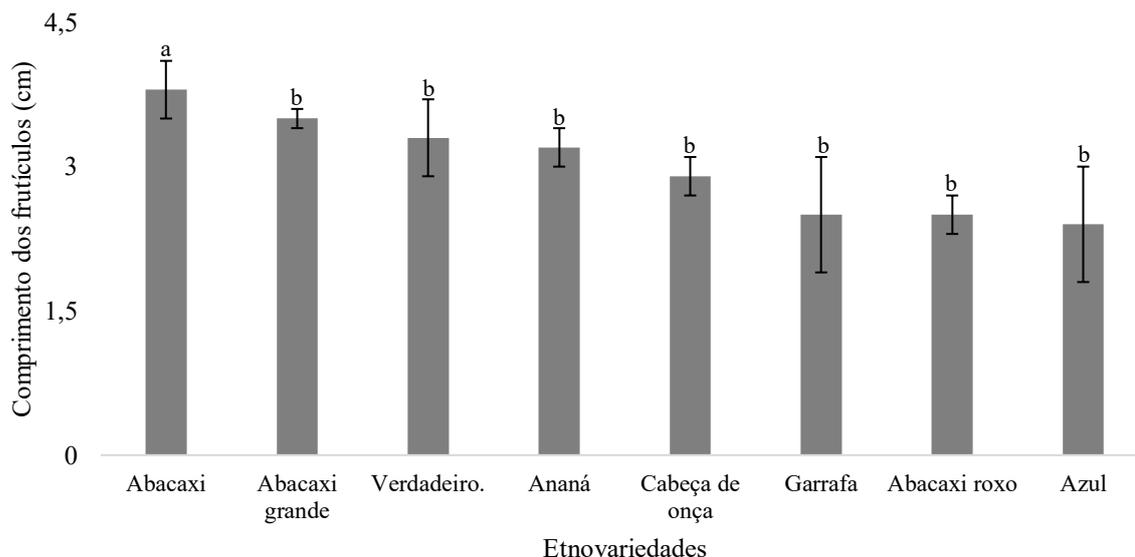


Figura 26. Comprimento dos frutículos (cm) do sincarpo de etnovariiedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.2.2.4 Firmeza da polpa

As etnovariiedades de abacaxis avaliadas apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) quanto à firmeza da polpa (N), conforme os agrupamentos definidos pelo teste de Tukey (Figura 27).

As etnovariiedades Abacaxi Roxo ($15,9 \pm 1,3$ N) e Cabeça de Onça ($14,8 \pm 6,1$ N) compuseram o grupo 'a', destacando-se por apresentarem os maiores valores médios de firmeza, significativamente superior aos das demais etnovariiedades (Figura 27).

Abacaxi ($12,0 \pm 1,7$ N), Garrafa ($9,8 \pm 3,9$ N), Azul ($6,6 \pm 1,1$ N), Abacaxi Grande ($5,2 \pm 1,1$ N), Ananá ($4,5 \pm 1,5$ N) e Verdadeiro ($4,2 \pm 0,5$ N) foram agrupadas no grupo 'b', não apresentando diferenças estatísticas significativas entre si (Figura 27).

Evidencia-se que as etnovariiedades do grupo 'a' possuem polpas com maior resistência à compressão, o que pode ser um indicativo de maior durabilidade pós-colheita, enquanto aquelas no grupo 'b' tendem a apresentar polpas mais macias e, possivelmente, mais suscetíveis a danos mecânicos e perdas durante o transporte e armazenamento.

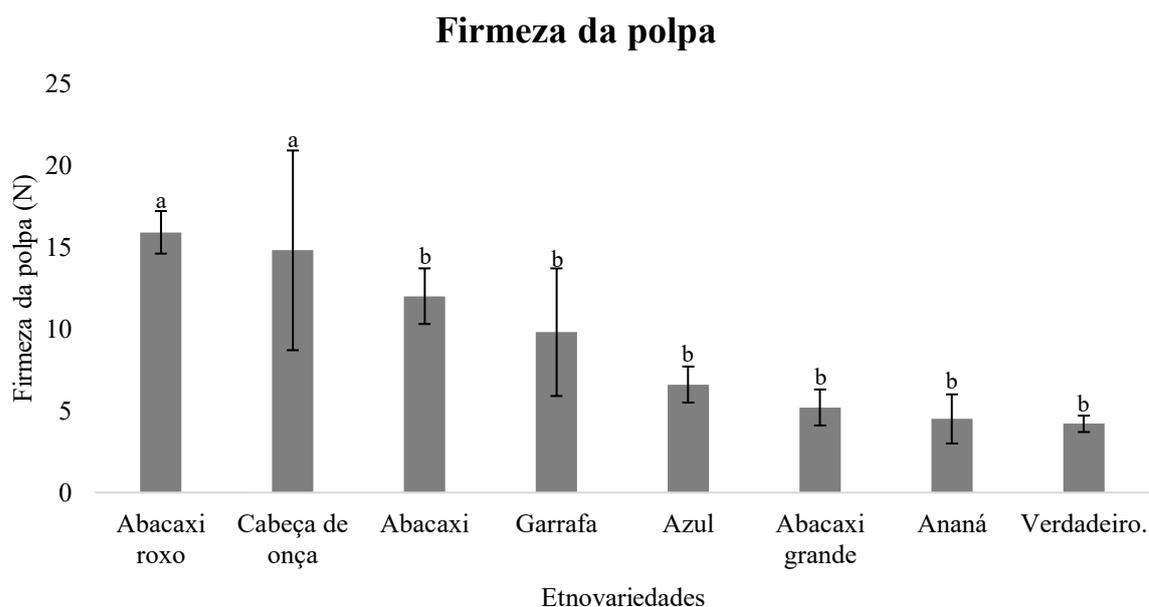


Figura 27. Firmeza da polpa das infrutescências de etnovarietades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. As barras indicam o desvio padrão das médias. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença estatística significativa entre os grupos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.3 Parâmetros físico-químicos das etnovarietades

As infrutescências das etnovarietades de abacaxi analisadas apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) para a maioria das variáveis físico-químicas avaliadas, conforme demonstrado pelos agrupamentos distintos formados pelo teste de Tukey (Tabela 13).

No entanto, os teores de sólidos solúveis (SS) na polpa e no cilindro central, assim como o pH do cilindro central, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as etnovarietades ($p > 0,05$). A ausência de significância estatística nessas variáveis pode ser atribuída a fatores como a homogeneidade dos valores observados entre os acessos, aliada à elevada variabilidade interna dentro de cada grupo.

Embora os resíduos tenham seguido distribuição normal, a homogeneidade de variâncias, pressuposto fundamental para a ANOVA não foi atendida, conforme indicam os testes de Levene aplicados ($p < 0,001$ para SS e pH no cilindro central).

Tais resultados sugerem que, apesar da variabilidade biológica entre as etnovarietades, essas características específicas apresentam comportamento mais uniforme, não sendo discriminadas estatisticamente no presente conjunto amostral.

5.3.1 Análises físico-químicas da polpa

As análises físico-químicas da polpa das infrutescências das etnovarietades de abacaxi revelaram ampla variação nos parâmetros avaliados entre as diferentes regiões (basal, medial e

apical). Essas diferenças refletem tanto a diversidade genética entre os acessos quanto possíveis efeitos fisiológicos relacionados à posição do tecido na infrutescência (tabela 13).

Ressalta-se que os resultados obtidos derivam de análises conduzidas segundo protocolos oficiais da AOAC International (2005), reconhecidos por contemplarem critérios de validação analítica, como limites de detecção e quantificação, exatidão, precisão, recuperação e estabilidade dos analitos.

No caso da vitamina C, a confiabilidade foi assegurada por meio da extração imediata da polpa no mesmo dia da coleta e a realização imediata das análises reduzindo perdas por oxidação.

Tabela 13. Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas da polpa de infrutescências de etnovarietades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. *Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).*

ID	Etnovarietade	Região	Vitamina C (mg/100g)	pH	SS (°Brix)	ATT	SS/AT	AST (glicose %)
BAU_02	Azul	Basal	85,71 \pm 41,18c	3,75 \pm 0,17b	11,81 \pm 4,73	1,03 \pm 0,13a	12,04 \pm 6,54a	15,08 \pm 5,84c
		Medial	59,34 \pm 34,26d	3,83 \pm 0,26b	14,08 \pm 2,92	0,87 \pm 0,40a	19,35 \pm 10,40a	15,08 \pm 1,85c
		Apical	59,34 \pm 34,26d	3,80 \pm 0,25b	13,49 \pm 4,59	0,83 \pm 0,30a	18,98 \pm 11,11a	16,83 \pm 3,89c
BAU_03	Verdadeiro	Basal	46,15 \pm 11,42d	4,03 \pm 0,04b	15,83 \pm 2,64	0,47 \pm 0,03a	33,85 \pm 6,44a	15,61 \pm 2,66c
		Medial	39,56 \pm 0,00d	4,08 \pm 0,07b	15,50 \pm 2,72	0,46 \pm 0,10a	35,16 \pm 12,83a	16,66 \pm 6,34c
		Apical	39,56 \pm 0,00d	4,07 \pm 0,05b	14,27 \pm 1,46	0,50 \pm 0,05a	28,89 \pm 5,92a	15,44 \pm 3,58c
BAU_04	Ananá	Basal	46,15 \pm 5,71d	4,15 \pm 0,11b	17,67 \pm 2,18	0,50 \pm 0,18a	38,43 \pm 14,21a	17,18 \pm 2,90c
		Medial	39,56 \pm 17,13d	4,07 \pm 0,39b	17,87 \pm 1,26	0,56 \pm 0,24a	35,79 \pm 13,74a	16,31 \pm 1,21c
		Apical	39,56 \pm 9,89d	4,13 \pm 0,02b	15,87 \pm 1,02	0,62 \pm 0,33a	32,05 \pm 19,16a	15,69 \pm 1,69c
BAU_05	Garrafa	Basal	102,19 \pm 11,42a	3,82 \pm 0,16b	12,35 \pm 2,67	0,89 \pm 0,20a	14,98 \pm 7,29a	21,30 \pm 8,35c
		Medial	98,90 \pm 0,00b	3,79 \pm 0,17b	12,45 \pm 6,16	0,94 \pm 0,14a	13,94 \pm 8,67a	20,69 \pm 5,48c
		Apical	98,90 \pm 9,89b	3,67 \pm 0,16b	14,21 \pm 4,74	0,93 \pm 0,08a	15,32 \pm 5,05a	19,90 \pm 1,67c
BAU_07	Abacaxi Roxo	Basal	39,56 \pm 9,89d	3,60 \pm 0,13b	14,53 \pm 0,64	1,00 \pm 0,29a	15,21 \pm 3,82a	21,38 \pm 7,41c
		Medial	32,97 \pm 5,71d	3,60 \pm 0,15b	14,17 \pm 0,23	1,03 \pm 0,09a	13,78 \pm 1,30a	25,12 \pm 4,89c
		Apical	42,82 \pm 5,74d	3,59 \pm 0,15b	13,56 \pm 0,29	1,02 \pm 0,09a	13,31 \pm 1,41a	24,00 \pm 3,13c
BAU_17	Abacaxi	Basal	39,56 \pm 17,13d	3,73 \pm 0,33b	15,10 \pm 3,91	0,77 \pm 0,27a	20,28 \pm 4,38a	24,19 \pm 8,58c
		Medial	42,85 \pm 15,11d	3,77 \pm 0,26b	14,37 \pm 2,98	0,67 \pm 0,16a	22,21 \pm 6,04a	19,13 \pm 7,48c
		Apical	29,67 \pm 9,89d	3,70 \pm 0,18b	12,67 \pm 4,02	0,64 \pm 0,03a	19,73 \pm 5,74a	16,69 \pm 5,15c
BAU_18	Cabeça de Onça	Basal	56,04 \pm 20,59d	3,71 \pm 0,02b	18,70 \pm 3,60	0,90 \pm 0,18a	21,80 \pm 8,04a	30,93 \pm 5,77c
		Medial	56,04 \pm 20,59d	3,74 \pm 0,08b	18,67 \pm 2,07	0,88 \pm 0,11a	21,74 \pm 5,37a	36,36 \pm 7,30a
		Apical	46,15 \pm 11,42d	3,75 \pm 0,05b	18,00 \pm 4,00	0,96 \pm 0,14a	18,89 \pm 4,93a	33,17 \pm 2,54b
BAU_20	Abacaxi Grande	Basal	32,97 \pm 5,71d	4,21 \pm 0,19a	14,40 \pm 0,70	0,44 \pm 0,14a	34,21 \pm 8,69a	24,94 \pm 7,67c
		Medial	39,56 \pm 0,00d	4,24 \pm 0,18a	14,03 \pm 0,06	0,50 \pm 0,14a	29,14 \pm 6,99a	27,18 \pm 6,01c
		Apical	36,26 \pm 15,11d	4,19 \pm 0,24a	13,30 \pm 0,36	0,51 \pm 0,11a	26,65 \pm 5,26a	26,81 \pm 10,85c

5.3.1.1 Vitamina C

Os teores de vitamina C variaram significativamente entre as etnovariedades e entre as regiões da polpa ($p < 0,05$), conforme demonstrado pelos agrupamentos distintos pelo teste de Tukey (Figura 28).

A maior concentração foi observada na região basal da etnovariedade Garrafa ($102,19 \pm 11,42$ mg/100g), que se destacou isoladamente no grupo 'a', indicando superioridade estatística em relação às demais. A região medial ($98,90 \pm 0,00$ mg/100g) e apical ($98,90 \pm 9,89$ mg/100g) da mesma etnovariedade também apresentaram elevados teores, mas foram agrupadas no grupo b, evidenciando uma ligeira, porém significativa, diferença entre as regiões (Figura 28).

A região basal da etnovariedade Azul (BAU_02) registrou um valor intermediário ($85,71 \pm 41,18$ mg/100g) e foi classificada no grupo 'c'. As demais amostras, incluindo todas as regiões das etnovariedades Cabeça de Onça, Verdadeiro, Ananá, Abacaxi Roxo, Abacaxi e Abacaxi Grande apresentaram teores significativamente inferiores de vitamina C, sendo todas agrupadas no grupo 'd', indicando menores concentrações de ácido ascórbico nas respectivas regiões da polpa (Figura 28).

De forma geral, observou-se que os teores mais elevados de vitamina C estiveram associados às regiões basais da polpa na maioria das etnovariedades, exceto Abacaxi Roxo, Abacaxi e Abacaxi Grande, enquanto outras mantiveram concentrações estáveis entre as regiões.

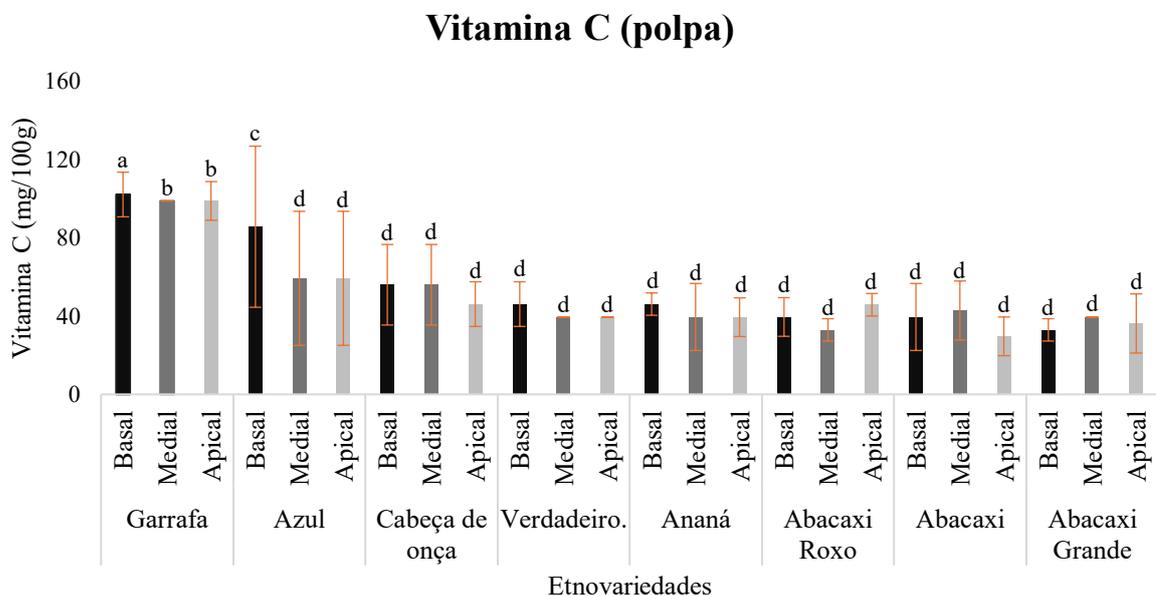


Figura 28. Teores de vitamina C (mg/100g) nas diferentes regiões da polpa (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi. As letras minúsculas indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores médios de pH da polpa das etnovariedades de abacaxi variaram de 3,59 a 4,24, evidenciando diferenças estatísticas entre algumas regiões e etnovariedades ($p < 0,05$) demonstrado na figura 29.

A etnovarietade que apresentou valores significativamente superior foi o Abacaxi Grande (BAU_20), agrupada no grupo ‘a’, destacando-se como a menos ácidas entre todas as amostras. As demais foram agrupadas no grupo ‘b’, indicando comportamento estatisticamente semelhante quanto ao potencial hidrogeniônico (Figura 29).

Os resultados apontam uma acidez moderada nas polpas das infrutescências, sem grandes oscilações entre as regiões basal, medial e apical, sendo indicativo de homogeneidade na distribuição de acidez ao longo da infrutescência nas etnovariedades amazônicas analisadas. Esse comportamento pode estar relacionado ao grau de maturação uniforme e ao padrão genético compartilhado entre essas variedades amazônicas.

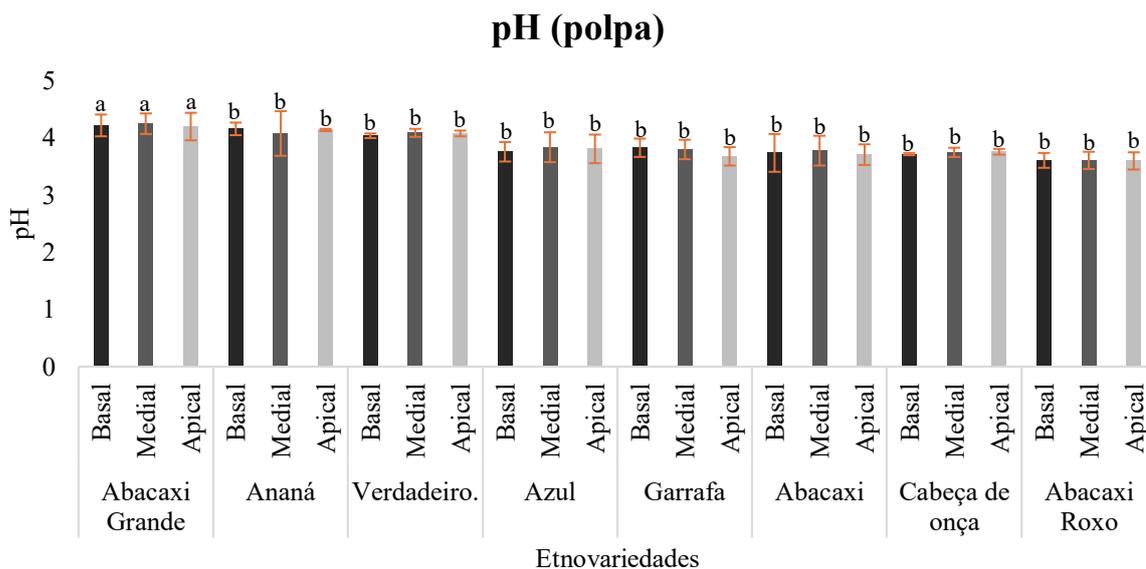


Figura 29. Valores médios de pH nas diferentes regiões da polpa (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi. As letras minúsculas indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.3.1.3 Razão SS/AT

A razão SS/AT (sólidos solúveis/acidez titulável) é amplamente utilizada como indicador da qualidade sensorial de frutos, pois expressa o equilíbrio entre doçura e acidez,

atributos determinantes do sabor. Valores mais altos dessa razão geralmente refletem frutos com maior dulçor relativo e menor acidez percebida, conferindo um sabor mais suave, doce e agradável (Figura 30).

No estudo, as médias dessa variável na polpa oscilaram entre aproximadamente 13 e 47, considerando as diferentes regiões do sincarpo (Figura 30). Apesar da amplitude observada, não foram identificadas diferenças estatísticas significativas entre as amostras ($p > 0,05$), sendo todas as médias agrupadas em um único grupo pelo teste de Tukey.

As maiores razões SS/AT foram verificadas nas regiões basais das etnovariedades Ananá ($46,0 \pm 13,7$), Verdadeiro ($38,4 \pm 14,2$) e Abacaxi Grande ($34,2 \pm 8,7$), sugerindo um sabor mais doce e potencialmente mais atrativo ao paladar. Por outro lado, os menores valores foram registrados nas regiões apicais das etnovariedades Garrafa ($13,3 \pm 1,4$) e Abacaxi Roxo ($13,3 \pm 1,4$), indicando maior predominância da acidez.

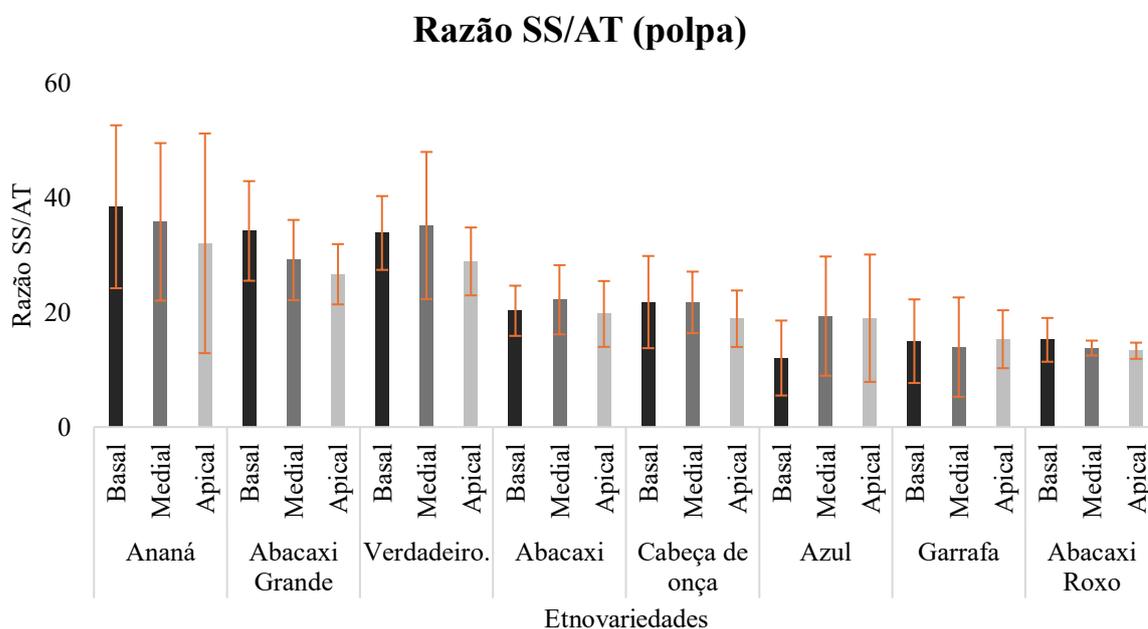


Figura 30. Médias e desvios-padrão da razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) na polpa das etnovariedades de abacaxi, avaliadas em três regiões do sincarpo. As médias não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Fonte: Lima (2025).

5.3.1.4 Açúcares solúveis totais (AST)

Os teores de açúcares solúveis totais (glicose %) na polpa das etnovariedades variaram significativamente entre as diferentes regiões analisadas (basal, medial e apical), conforme indicado pelos agrupamentos do teste de Tukey ($p < 0,05$) na figura 31.

A região medial da etnovarietade Cabeça de Onça (BAU_18) apresentou o maior teor de açúcares ($40,93 \pm 5,77\%$) (grupo 'a'). Já a região apical da mesma etnovarietade compôs o grupo 'b' ($33,17 \pm 2,54\%$), demonstrando também um alto acúmulo de glicose (%).

As outras etnovarietades apresentaram menores teores de açúcares solúveis totais, sendo classificadas no grupo 'c'.

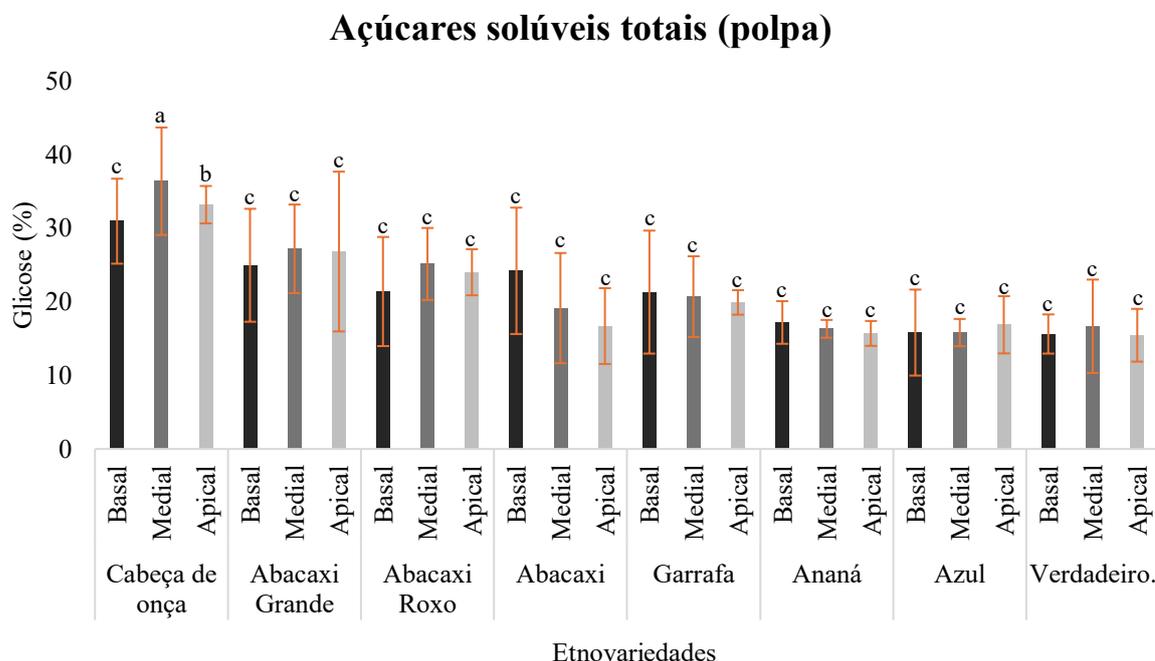


Figura 31. Teores de açúcares solúveis totais (AST, expressos em % de glicose) na polpa de diferentes regiões (basal, medial e apical) do sincarpo. As letras minúsculas indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.3.2 Análises físico-químicas do cilindro central

As infrutescências das etnovarietades de abacaxi também apresentaram ampla variação nos parâmetros físico-químicos do cilindro central, revelando diferenças expressivas entre regiões (basal, medial e apical) e entre os genótipos avaliados (Tabela 14).

Tabela 14. Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas do cilindro central de infrutescências de etnovarietades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

ID	Etnovarietade	Região	Vitamina C (mg/100g)	pH	SS (°Brix)	ATT	SS/AT	AST Glicose (%)
BAU_02	Azul	Basal	69,23 \pm 45,32c	3,79 \pm 0,27	13,67 \pm 2,57	0,72 \pm 0,18c	19,93 \pm 6,34a	14,73 \pm 6,57
		Medial	59,35 \pm 34,25c	3,93 \pm 0,13	15,28 \pm 1,59	0,49 \pm 0,17c	33,84 \pm 12,65a	13,24 \pm 4,89
		Apical	59,02 \pm 34,54c	3,96 \pm 0,23	15,08 \pm 2,82	0,35 \pm 0,10c	47,21 \pm 20,36a	15,26 \pm 7,01
BAU_03	Verdadeiro	Basal	46,15 \pm 9,89c	4,02 \pm 0,09	16,10 \pm 1,39	0,46 \pm 0,06c	35,47 \pm 5,90a	20,61 \pm 1,00
		Medial	36,56 \pm 0,00c	4,11 \pm 0,01	16,47 \pm 1,95	0,37 \pm 0,03c	45,03 \pm 8,79a	18,33 \pm 3,17
		Apical	39,56 \pm 0,00c	4,11 \pm 0,07	15,87 \pm 3,25	0,42 \pm 0,06c	39,22 \pm 14,63a	17,80 \pm 1,71

		Basal	46,15±5,71c	4,09±0,17	17,07±0,60	0,38±0,07c	46,31±8,67a	18,42±3,11
BAU_04	Ananá	Medial	39,56±17,13c	4,08±0,27	16,73±1,69	0,42±0,15c	43,58±17,83a	18,24±2,81
		Apical	39,56±9,89c	4,08±0,20	15,23±4,71	0,47±0,24c	39,35±22,59a	15,35±2,19
		Basal	102,20±11,42a	3,92±0,16	15,34±4,71	0,24±0,05c	65,10±19,91a	6,84±7,06
BAU_05	Garrafa	Medial	98,90±0,00b	3,98±0,09	16,61±2,07	0,22±0,03c	71,13±5,30a	6,13±6,17
		Apical	98,90±8,89b	3,91±0,29	14,34±0,94	0,46±0,25c	41,16±27,79a	11,84±5,77
		Basal	39,56±9,89c	3,66±0,06	14,00±0,17	0,75±0,26b	20,46±8,34a	24,75±1,14
BAU_07	Abacaxi Roxo	Medial	32,97±5,71c	3,65±0,03	14,20±0,17	0,83±0,25b	21,64±11,75a	25,87±4,29
		Apical	42,86±5,71c	3,67±0,08	13,03±0,06	0,86±0,02a	15,16±0,23a	24,56±2,97
		Basal	39,56±17,13c	3,89±0,62	13,23±2,40	0,45±0,19c	33,50±16,39a	22,50±3,95
BAU_17	Abacaxi	Medial	42,86±15,11c	3,97±0,55	11,87±1,74	0,47±0,27c	33,06±23,51a	21,94±2,60
		Apical	29,67±9,89c	3,78±0,18	15,37±8,74	0,46±0,06c	34,34±20,84a	17,63±3,39
		Basal	56,04±20,59c	3,89±0,27	16,60±3,73	0,54±0,21c	34,72±16,55a	48,34±12,64
BAU_18	Cabeça de Onça	Medial	56,04±20,59c	3,93±0,22	17,10±1,25	0,62±0,18c	29,45±9,74a	43,29±5,68
		Apical	46,15±11,42c	3,84±0,20	16,40±2,34	0,63±0,19c	28,44±11,99a	41,79±13,77
		Basal	32,97±5,71c	4,12±0,10	14,07±0,81	0,40±0,10c	36,96±9,86a	30,93±4,79
BAU_20	Abacaxi Grande	Medial	36,56±0,00c	4,18±0,21	14,37±0,65	0,42±0,13c	36,01±10,40a	29,24±2,65
		Apical	36,26±15,11c	4,15±0,24	13,07±0,75	0,50±0,11c	26,88±6,43a	27,37±3,42

5.3.2.1 Vitamina C

A concentração de vitamina C no cilindro central das infrutescências variou significativamente entre as etnovariedades e entre as diferentes regiões (basal, medial e apical), conforme indicado pelos agrupamentos distintos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Figura 32).

A região basal da etnovariedade Garrafa (BAU_05) destacou-se com o maior teor ($102,20 \pm 11,42$ mg/100g), compondo isoladamente o grupo 'a', seguida pelas regiões medial ($98,90 \pm 0,00$ mg/100g) e apical ($98,90 \pm 8,89$ mg/100g) da mesma etnovariedade que foram agrupadas no grupo 'b' (Figura 32).

Esses valores sugerem que o cilindro central da etnovariedade Garrafa possui elevada densidade nutricional, particularmente na base, o que pode estar associado a uma maior atividade metabólica nessa região.

As demais etnovariedades apresentaram teores estatisticamente inferiores, compondo o grupo 'c', com valores médios variando entre 29,67 e 59,02 mg/100g. A etnovariedade Verdadeiro (BAU_03) apresentou os menores valores de vitamina C no cilindro central, especialmente na região medial ($36,56 \pm 0,00$ mg/100g). De maneira geral, observa-se uma tendência de redução dos teores de ácido ascórbico nas regiões mais distantes do pedúnculo

(regiões medial e apical), embora essa distribuição não seja uniforme entre os genótipos (Figura 32).

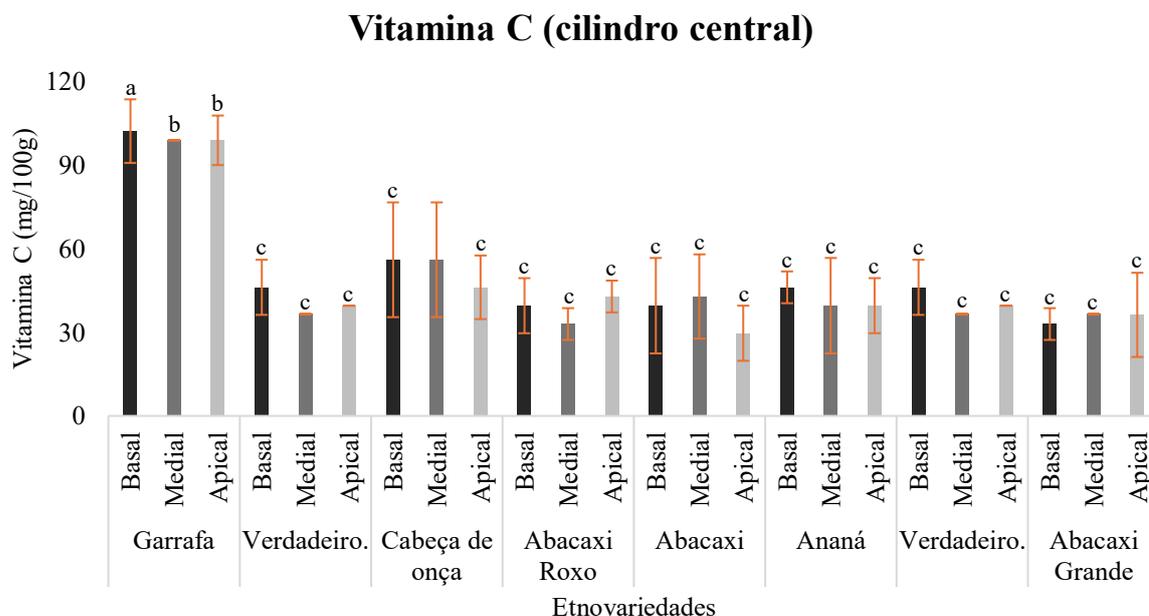


Figura 32. Teores de vitamina C (mg/100g) nas diferentes regiões do cilindro central (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi. As letras minúsculas indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.3.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH do cilindro central das infrutescências das etnovariedades de abacaxi apresentaram variação relativamente estreita, oscilando entre 3,65 e 4,18, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), conforme indicado pela ausência de formação de grupos distintos na comparação múltipla de médias (Figura 33).

De maneira geral, a maioria das regiões analisadas apresentou valores de pH próximos à neutralidade ácida, com leve predomínio de pH mais elevado nas regiões basais, como observado no “Abacaxi Grande” (4,18) como mostra a figura 33.

Por outro lado, valores mais baixos foram registrados na região basal da etnovariiedade “Abacaxi Roxo” (3,65), embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa. Esses resultados indicam uma homogeneidade no perfil de acidez ao longo das diferentes regiões do cilindro central, o que pode ser vantajoso do ponto de vista da uniformidade na percepção sensorial e estabilidade pós-colheita (Figura 33).

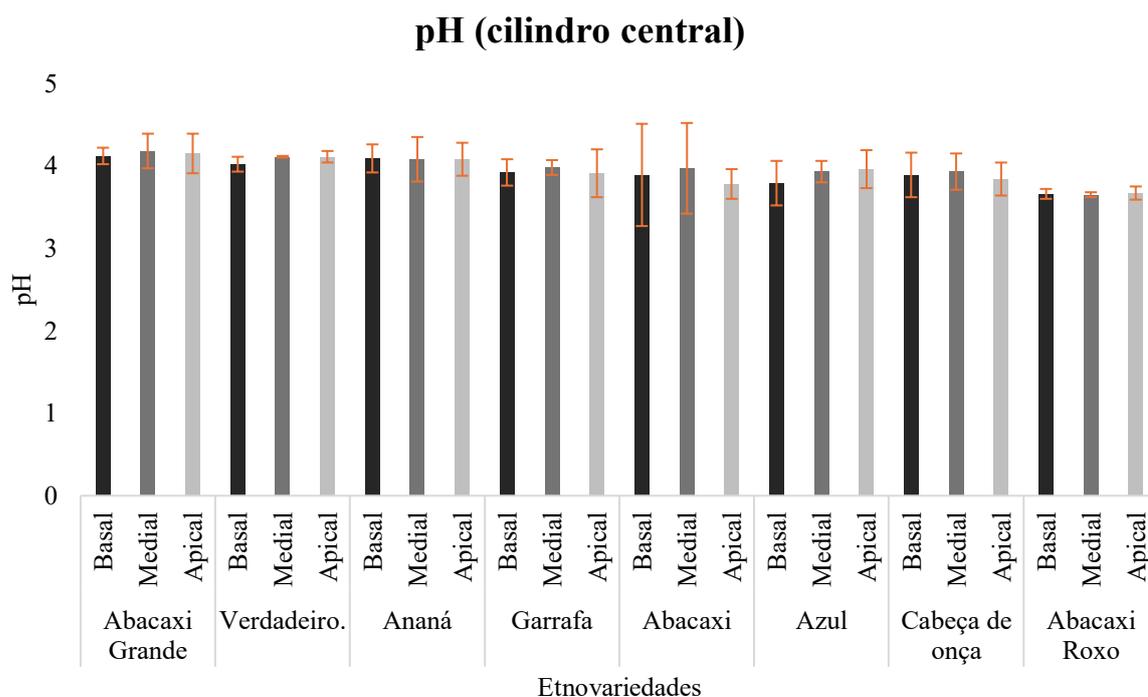


Figura 33. Valores médios de pH nas diferentes regiões do cilindro central (basal, medial e apical) de infrutescências de etnovariedades de abacaxi. As médias não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Fonte: Lima (2025).

5.3.2.3 Razão SS/AT

A razão SS/AT, indicadora do equilíbrio entre doçura e acidez, apresentou variação expressiva entre as etnovariedades e entre as regiões do cilindro central analisadas (basal, medial e apical).

Os valores médios variaram de 12,04 a 38,43, sendo o menor valor observado na região basal da etnovariedade Azul (BAU_02_1) e o maior na região basal da etnovariedade Ananás (BAU_04_1) (Figura 34).

Apesar da ampla variação numérica, não foram identificadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey indicada na tabela 13.

Destaca-se que as etnovariedades Ananás (BAU_04) e Verdadeiro (BAU_03) apresentaram os maiores valores médios de razão SS/AT nas regiões basal e medial, indicando um perfil sensorial potencialmente mais doce e com menor acidez no cilindro central.

Por outro lado, valores inferiores foram registrados nas regiões apicais de etnovariedades como Azul (BAU_02) e Abacaxi Roxo (BAU_07).

Esses resultados sugerem que, embora não haja diferença estatística, existe uma tendência de maior razão SS/AT nas regiões basais do cilindro central em várias etnovariedades, o que pode estar relacionado ao acúmulo diferencial de açúcares e compostos ácidos ao longo

do eixo da infrutescência, influenciado por fatores fisiológicos de maturação, assim como ocorreu na polpa.

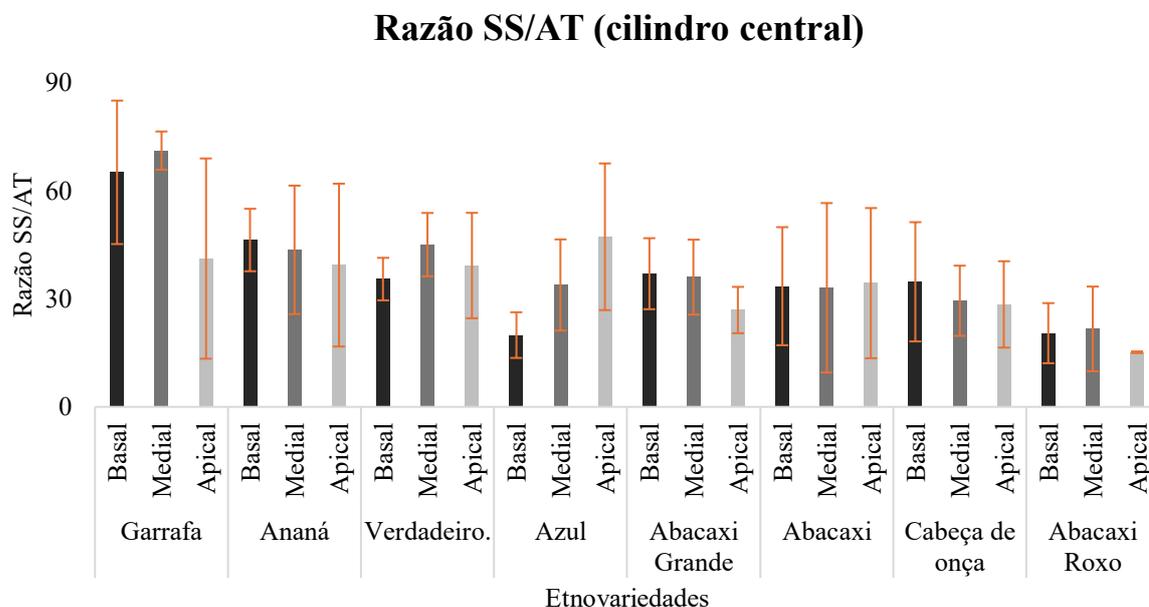


Figura 34. Médias e desvios-padrão da razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) no cilindro central nas infrutescências das etnovariedades de abacaxi, avaliadas em três regiões do sincarpo. As médias não apresentaram diferenças estatísticas significativas. *Fonte: Lima (2025).*

5.3.2.4 Açúcares solúveis totais (AST)

Os teores de açúcares solúveis totais (% de glicose) no cilindro central das infrutescências apresentaram ampla variação entre as etnovariedades e regiões avaliadas. Os valores oscilaram de 9,89% a 60,31%, evidenciando diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), conforme indicado pelas letras distintas na comparação de médias (Figura 35).

A região basal da etnovariedade Cabeça de Onça apresentou o maior teor de glicose (%) ($60,31 \pm 12,14$), integrando o grupo ‘a’ e se destacando significativamente das demais amostras. Na mesma etnovariedade, as regiões medial e apical também exibiram valores elevados ($47,49 \pm 10,04$ e $38,40 \pm 13,71$), porém foram agrupadas nos grupos ‘b’ e ‘c’, respectivamente.

Em contraste, as menores concentrações de glicose foram observadas nas três regiões da etnovariedade Garrafa, que compuseram o grupo ‘f’, com valores entre 9,89% e 13,54%, indicando um baixo acúmulo de açúcares na porção central da infrutescência.

As demais etnovariedades apresentaram teores intermediários, com destaque para Abacaxi Grande (grupo ‘d’ e ‘e’) e Abacaxi Roxo (grupo e) os quais apresentaram níveis mais

elevados que as etnovariedades Abacaxi, Verdadeiro, Ananás e Azul, que também foram alocadas no grupo ‘f’.

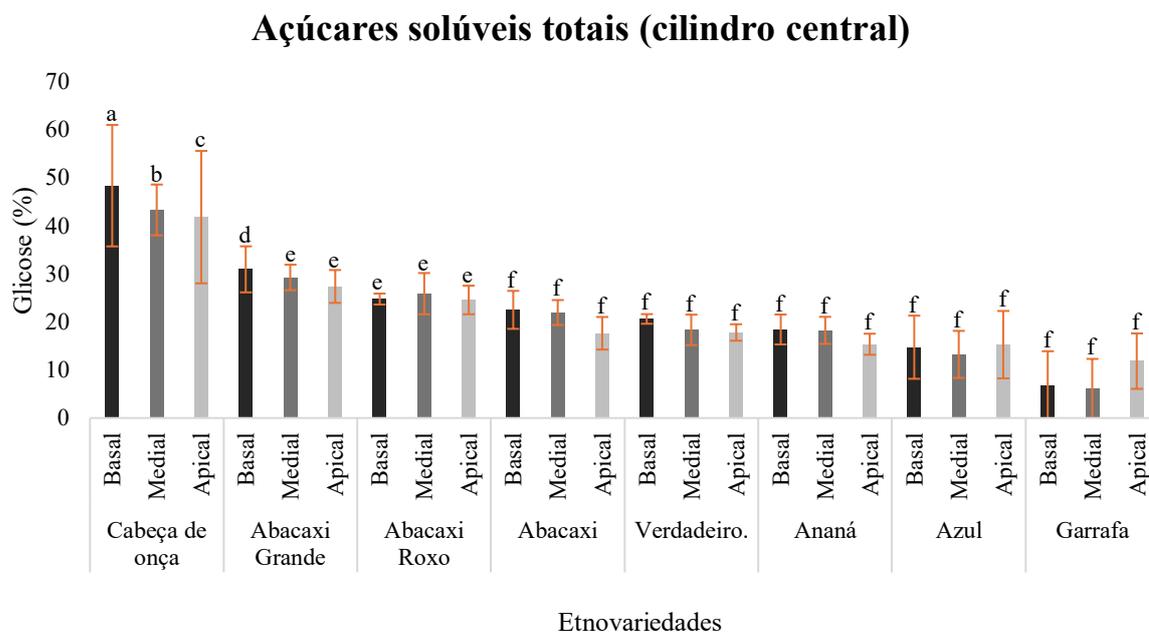


Figura 35. Teores de açúcares solúveis totais (AST, expressos em % de glicose) na polpa de diferentes regiões (basal, medial e apical) do sincarpo. As letras minúsculas indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Lima (2025).

5.4 Análise comparativa com o cultivar ‘Turiaçu Amazonas’

5.4.1 Parâmetros morfológicos

Tabela 15. Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das características morfológicas das infrutescências de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM e da cultivar Turiaçu Amazonas. Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Etnovariedade	Comprimento da coroa (cm)	Peso da coroa (g)	Comprimento sincarpo (cm)	Peso sincarpo (g)	Diâmetro sincarpo (mm)	Firmeza da polpa (N)
Azul	7,3 \pm 2,9c	0,05 \pm 0,0	10,0 \pm 2,0d	0,4 \pm 0,2c	89,0 \pm 5,0d	6,6 \pm 1,1d
Verdadeiro	10,8 \pm 3,7c	0,06 \pm 0,0	18,1 \pm 0,0c	1,5 \pm 0,6c	110,9 \pm 10,2c	4,2 \pm 0,5d
Ananá	8,6 \pm 2,9c	0,08 \pm 0,0	15,5 \pm 2,8d	0,9 \pm 0,2c	104,5 \pm 13,1d	4,5 \pm 1,5d
Garrafa	14,5 \pm 0,8c	0,1 \pm 0,0	17,0 \pm 1,3c	0,9 \pm 0,1c	90,3 \pm 6,4d	9,8 \pm 3,9c
Abacaxi Roxo	11,0 \pm 2,5c	0,05 \pm 0,0	12,1 \pm 0,6d	0,5 \pm 0,0c	86,2 \pm 2,0d	15,9 \pm 1,3a
Abacaxi	15,9 \pm 2,1c	0,1 \pm 0,0	18,8 \pm 2,8c	2,3 \pm 0,1a	125,0 \pm 6,1a	12,0 \pm 1,7b
Cabeça de Onça	14,8 \pm 1,7c	0,1 \pm 0,0	24,3 \pm 1,3a	1,0 \pm 0,3c	96,0 \pm 2,5d	14,8 \pm 6,1a
Abacaxi Grande	22,6 \pm 9,3a	0,3 \pm 0,1	20,8 \pm 4,8b	1,6 \pm 0,3b	118,2 \pm 3,8b	5,2 \pm 1,1d
Turiaçu Amazonas	20,37 \pm 1,90b	0,39 \pm 0,48	19,73 \pm 0,2b	1,37 \pm 0,16c	95,77 \pm 1,84d	2,08 \pm 0,52d

A cv. Turiaçu Amazonas apresentou comprimento médio da coroa de $20,37 \pm 1,90$ cm, sendo classificada no grupo ‘b’ do teste de Tukey. A etnovariedade Abacaxi Grande destacou-se com a maior média observada ($22,6 \pm 9,3$ cm), pertencente ao grupo ‘a’, diferindo significativamente da variedade comercial. As demais etnovariedades exibiram médias

inferiores, integrando os grupos 'c' ou 'b', sem diferença estatística em relação à Turiaçu Amazonas (Tabela 15).

Para o peso da coroa, cv. Turiaçu Amazonas obteve média de $0,39 \pm 0,48$ g, sem que houvesse diferença estatística significativa entre os acessos. O maior valor foi observado em Abacaxi Grande ($0,3 \pm 0,1$ g), seguido pelas etnovariedades Garrafa, Abacaxi e Cabeça de Onça, todas com $0,1 \pm 0,0$ g.

O comprimento do sincarpo da cv. Turiaçu Amazonas foi de $19,73 \pm 0,2$ cm (grupo b). As etnovariedades Cabeça de Onça ($24,3 \pm 1,3$ cm – grupo a) e Abacaxi Grande ($20,8 \pm 4,8$ cm – grupo b) apresentaram médias iguais ou superiores à variedade comercial. As demais etnovariedades foram agrupadas em categorias inferiores (c ou d), com médias variando entre 10,0 e 18,8 cm.

Com relação ao peso do sincarpo, a cv. Turiaçu Amazonas apresentou média de $1,37 \pm 0,16$ g, classificada no grupo c. As etnovariedades Abacaxi ($2,3 \pm 0,1$ g – grupo a) e Abacaxi Grande ($1,6 \pm 0,3$ g – grupo b) exibiram pesos significativamente superior. Outras etnovariedades, como Verdadeiro ($1,5 \pm 0,6$ g), também apresentaram valores elevados, mas não diferiram estatisticamente da cv. Turiaçu Amazonas.

Quanto ao diâmetro do sincarpo, a média da cv. Turiaçu Amazonas foi de $95,77 \pm 1,84$ mm (grupo d). As maiores médias foram verificadas nas etnovariedades Abacaxi ($125,0 \pm 6,1$ mm – grupo a), Abacaxi Grande ($118,2 \pm 3,8$ mm – grupo b) e Verdadeiro ($110,9 \pm 10,2$ mm – grupo c). As demais etnovariedades apresentaram médias inferiores ou semelhantes à cv. Turiaçu Amazonas.

No parâmetro firmeza da polpa, Turiaçu Amazonas apresentou o menor valor entre todos os acessos, com $2,08 \pm 0,52$ N (grupo d). As etnovariedades Abacaxi Roxo ($15,9 \pm 1,3$ N), Cabeça de Onça ($14,8 \pm 6,1$ N) e Abacaxi ($12,0 \pm 1,7$ N) se destacaram com as maiores médias, pertencentes aos grupos a e b, evidenciando maior resistência à compressão da polpa em comparação à variedade comercial.

5.4.2 Parâmetros físico-químicos

As análises físico-químicas revelaram ampla variação entre as etnovariedades de abacaxi e o cultivar comercial Turiaçu Amazonas (Tabela 16).

Quanto ao teor de vitamina C, a etnovariedade Garrafa apresentou o maior valor ($99,9 \pm 10,65a$), formando um grupo isolado no teste de Tukey. Em seguida, a etnovariedade Azul ($68,13 \pm 37,72b$) destacou-se com valor significativamente elevado. Já Cabeça de Onça ($52,74 \pm 16,00c$), Verdadeiro ($41,75 \pm 11,42d$) e Ananá ($41,75 \pm 10,91d$) formaram um grupo

intermediário, sem diferença entre si. Por outro lado, a cv. Turiaçu Amazonas ($19,90 \pm 0,01d$) apresentou o menor teor de vitamina C, agrupando-se apenas com Abacaxi Grande ($36,26 \pm 10,41d$) e Abacaxi ($37,39 \pm 14,04d$), todos estatisticamente inferiores aos demais.

Os valores de pH variaram significativamente, com destaque para Abacaxi Grande ($4,21 \pm 0,20a$), que apresentou o maior pH, diferindo estatisticamente das demais. As etnovariedades Ananá ($4,11 \pm 0,17a$) e Verdadeiro ($4,06 \pm 0,05a$) também apresentaram valores elevados, formando o mesmo grupo de Tukey. O menor pH foi observado em Abacaxi Roxo ($3,60 \pm 0,05c$), enquanto Turiaçu Amazonas ($3,96 \pm 0,01b$) ficou em grupo intermediário, sem diferença significativa em relação a Azul, Garrafa, Abacaxi e Cabeça de Onça.

Em relação aos sólidos solúveis (SS), Cabeça de Onça apresentou o maior valor ($18,45 \pm 3,88a$), sendo estatisticamente superior às demais etnovariedades. A Turiaçu Amazonas ($16,03 \pm 0,01c$) formou grupo intermediário com Ananá ($17,13 \pm 1,15b$), e se diferenciou significativamente de etnovariedades como Azul ($13,12 \pm 4,08c$), Garrafa ($13,00 \pm 4,52c$) e Abacaxi Roxo ($14,04 \pm 3,38c$), que apresentaram os menores valores.

Na acidez titulável (ATT), os maiores valores foram registrados em Abacaxi Roxo ($1,02 \pm 0,15a$), Garrafa ($0,92 \pm 0,14b$) e Cabeça de Onça ($0,91 \pm 0,14b$), todos significativamente superiores às demais. A cv. Turiaçu Amazonas apresentou ATT de $0,85 \pm 0,01b$, agrupando-se com Azul ($0,90 \pm 0,27b$), Ananá ($0,55 \pm 0,25c$), Abacaxi ($0,69 \pm 0,15c$) e Abacaxi Grande ($0,48 \pm 0,12c$), todos com acidez inferior às três primeiras.

A razão SS/AT, indicativa do equilíbrio entre doçura e acidez, foi mais elevada em Ananá ($35,42 \pm 15,70a$), seguida por Verdadeiro ($32,63 \pm 8,39a$) e Abacaxi Grande ($29,99 \pm 6,98b$), todos estatisticamente superiores aos demais. A Turiaçu Amazonas ($18,72 \pm 0,01c$) apresentou valor inferior, agrupando-se com Azul ($16,78 \pm 9,35c$), Garrafa ($14,74 \pm 7,00c$), Abacaxi Roxo ($14,09 \pm 2,17c$) e Abacaxi ($20,74 \pm 5,38c$), demonstrando menor relação entre doçura e acidez.

Tabela 16. Médias, desvios padrão (\pm DP) e agrupamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) das análises físico-químicas de infrutescências de etnovariedades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM e da cultivar Turiaçu Amazonas. *Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa entre as médias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).*

Etnovariedade	Vitamina C (mg/100g)	pH	SS (°Brix)	ATT	SS/AT
Azul	$68,13 \pm 37,72b$	$3,79 \pm 0,22c$	$13,12 \pm 4,08c$	$0,90 \pm 0,27b$	$16,78 \pm 9,35c$
Verdadeiro	$41,75 \pm 11,42d$	$4,06 \pm 0,05a$	$15,02 \pm 2,27c$	$0,47 \pm 0,06c$	$32,63 \pm 8,39a$
Ananá	$41,75 \pm 10,91d$	$4,11 \pm 0,17a$	$17,13 \pm 1,15b$	$0,55 \pm 0,25c$	$35,42 \pm 15,70a$
Garrafa	$99,9 \pm 10,65a$	$3,76 \pm 0,16c$	$13,00 \pm 4,52c$	$0,92 \pm 0,14b$	$14,74 \pm 7,00c$
Abacaxi Roxo	$38,45 \pm 7,11d$	$3,60 \pm 0,05c$	$14,04 \pm 0,38c$	$1,02 \pm 0,15a$	$14,09 \pm 2,17c$

Abacaxi	37,39±14,04d	3,73±0,25c	14,07±3,63c	0,69±0,15c	20,74±5,38c
Cabeça de Onça	52,74±16,00c	3,73±0,05c	18,45±3,88a	0,91±0,14b	20,80±6,11c
Abacaxi Grande	36,26±10,41d	4,21±0,20a	13,91±0,37c	0,48±0,12c	29,99±6,98b
Turiaçu Amazonas	19,90±0,01d	3,96±0,01b	16,03±0,01c	0,85±0,01b	18,72±0,01c

5.5 Análises multivariadas das etnovariedades de abacaxi e cv. Turiaçu Amazonas

As análises multivariadas foram conduzidas com o objetivo de explorar os padrões de variação conjunta das características morfoagronômicas e físico-químicas avaliadas entre as etnovariedades de abacaxi e o cultivar comercial Turiaçu Amazonas.

Foram utilizadas três abordagens complementares: Análise de Componentes Principais (PCA), Análise de Agrupamento Hierárquico e Análise Discriminante. Essas técnicas permitiram sintetizar a variabilidade entre os acessos, identificar grupos com perfis semelhantes e avaliar as variáveis com maior poder discriminativo.

5.5.1 Análises de componentes principais (PCA)

A Análise de Componentes Principais (PCA) realizada com base nos descritores morfoagronômicos e físico-químicos permitiu a redução da dimensionalidade dos dados, restando a maior parte da variância explicada nos dois primeiros componentes principais (Figura 36).

A Dimensão 1 (Dim1) foi responsável por 53,4% da variância, enquanto a Dimensão 2 (Dim2) respondeu por 20,4%, totalizando 73,8% da variabilidade acumulada, valor considerado alto para esse tipo de análise e indicativo de boa representatividade das informações originais.

A distribuição dos indivíduos no plano formado por Dim1 e Dim2 evidenciou a formação de dois agrupamentos principais (Figura 37), delimitados por elipses com intervalo de confiança de 95%.

O Cluster 1 (marcado em azul) concentrou acessos com maiores escores em Dim1, enquanto o Cluster 2 (em amarelo) agrupou os indivíduos com escores negativos nessa dimensão.

Essa separação clara sugere que os acessos apresentam diferenças estruturais relevantes, particularmente associadas às variáveis que mais influenciaram a Dimensão 1. A disposição dos pontos reforça a existência de estruturação fenotípica entre as etnovariedades avaliadas, incluindo o cultivar comercial Turiaçu Amazonas.

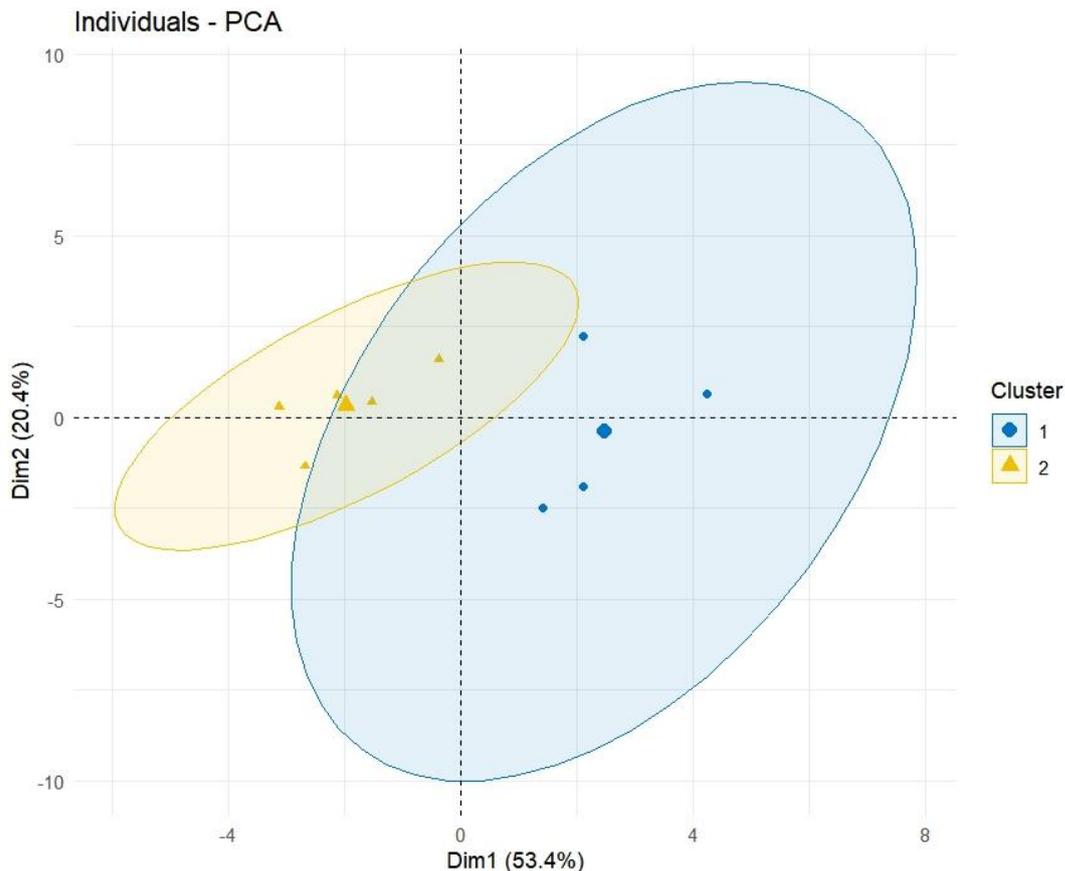


Figura 36. Distribuição dos acessos de etnovarietades de abacaxi e cv. Turiçu Amazonas no plano da Análise de Componentes Principais (PCA). Os dois primeiros componentes principais explicaram 73,8% da variância total dos dados (Dim1: 53,4%; Dim2: 20,4%). Os agrupamentos foram definidos por análise de cluster e estão representados pelas elipses coloridas com 95% de confiança: Cluster 1 (azul) e Cluster 2 (amarelo). *Fonte: Lima (2025).*

A projeção das variáveis no plano fatorial da PCA, ilustrada na Figura 37, evidencia quais características mais contribuíram para a separação entre os grupos formados. As variáveis com maior contribuição para a Dimensão 1 foram o peso do cilindro central (pc), o comprimento da coroa (cc), o comprimento do sincarpo (cs), o peso do sincarpo (ps) e o diâmetro da infrutescência (dm), todas com vetores longos e bem direcionados, indicando contribuição expressiva e correlação positiva com esse eixo.

Já a Dimensão 2 apresentou contribuição mais expressiva da acidez titulável (att) e da firmeza da polpa (fp), ambas com vetores orientados no sentido negativo de Dim2 (Figura 37).

A variável vitamina C (vite) demonstrou contribuição moderada negativa, tanto em Dim1 quanto em Dim2, refletindo um padrão de variação transversal em relação ao conjunto das demais variáveis. A variável sólidos solúveis (ss) mostrou contribuição reduzida, com vetor de curta magnitude e influência limitada na estrutura global da PCA (Figura 37).

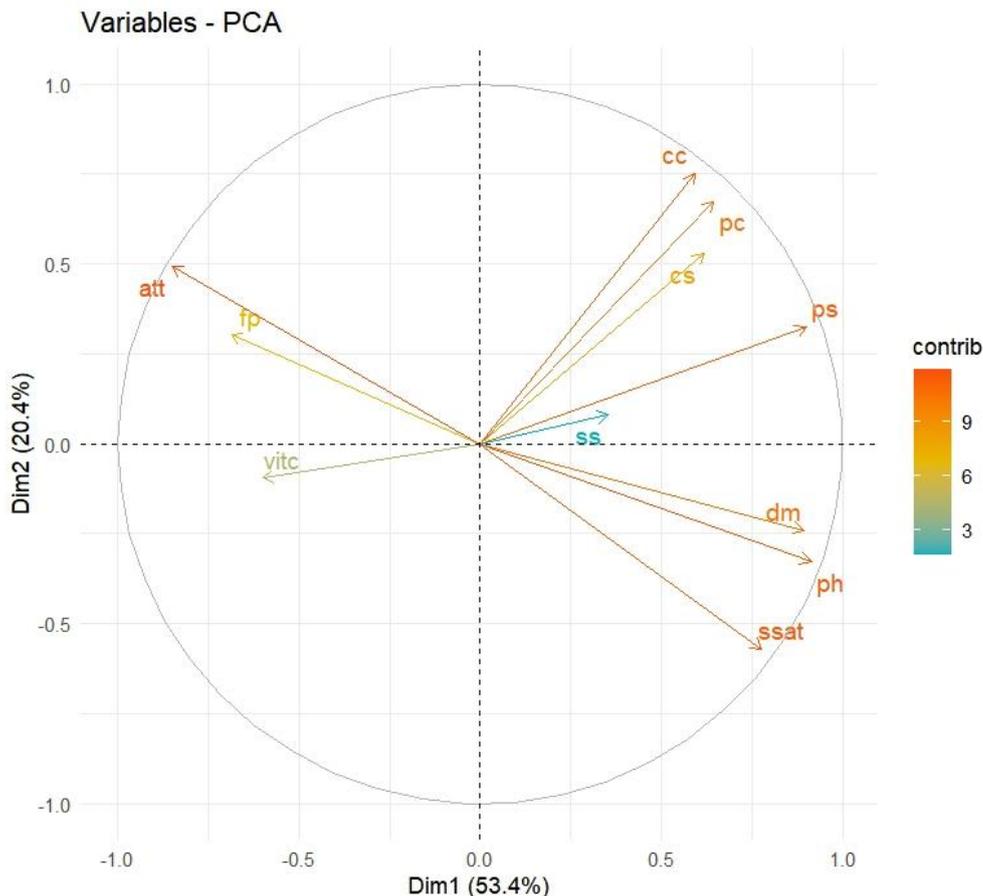


Figura 37. Projeção das variáveis no plano da Análise de Componentes Principais (PCA). As setas indicam a direção e a intensidade da contribuição das variáveis para os dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2), que juntos explicam 73,8% da variância total. A coloração representa o grau de contribuição de cada variável. *Fonte: Lima (2025).*

A coloração das setas (de azul claro a vermelho escuro) representa o grau de contribuição das variáveis para a formação dos componentes, com os tons mais quentes indicando maior influência.

Essa visualização permite inferir que os grupos foram formados, majoritariamente, com base em características morfológicas de maior peso físico e dimensão estrutural, enquanto atributos de qualidade interna da polpa, como vitamina C, pH e acidez, exerceram menor influência na separação global dos indivíduos.

5.5.2 Análise de agrupamento (Cluster Analyse)

O número ótimo de agrupamentos foi determinado por meio do método do cotovelo (Elbow Method), representado na Figura 38. O gráfico demonstra a variação da soma total dos quadrados intra-grupos (Total Within Sum of Squares) em função do número de clusters testados.

Observa-se uma inflexão acentuada da curva no ponto correspondente a dois grupos, indicando que esse é o ponto ideal de divisão, onde a adição de novos clusters não resulta em redução significativa da variabilidade residual.

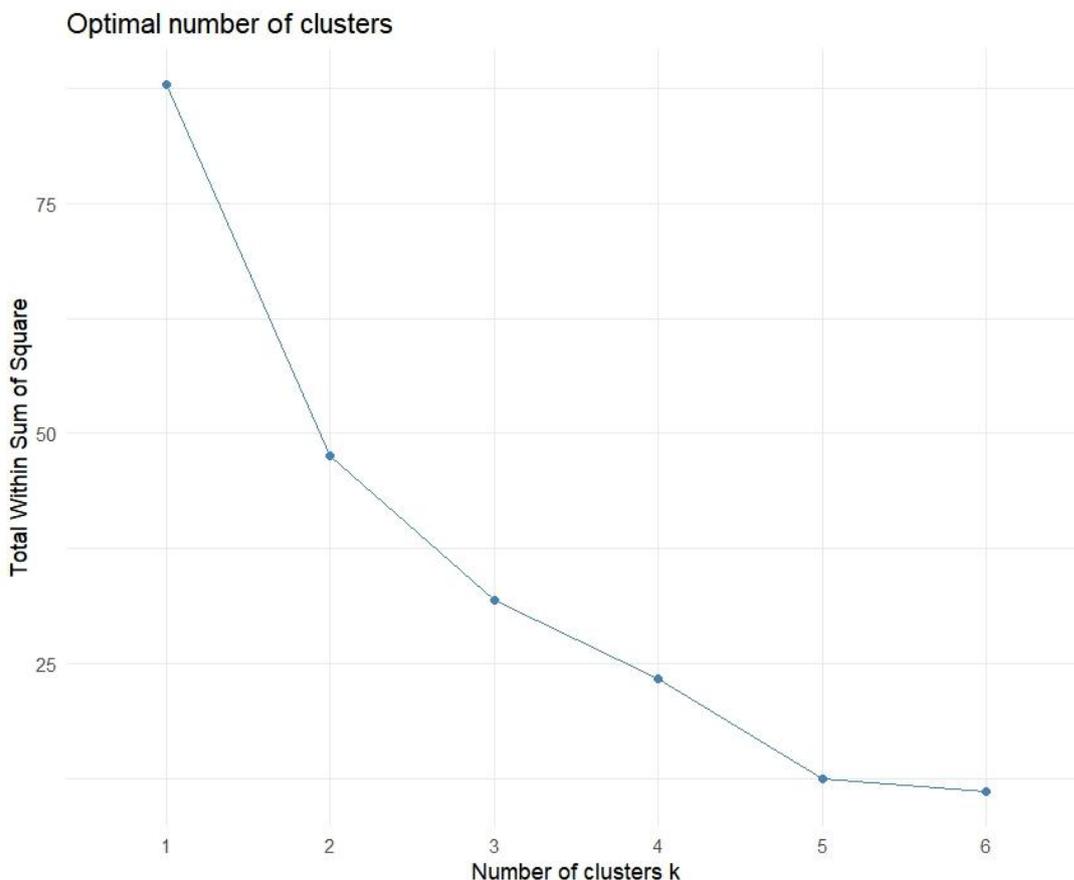


Figura 38. Gráfico do método do cotovelo para definição do número ótimo de agrupamentos (clusters) entre as etnovarietades de abacaxi. O eixo Y representa a soma total dos quadrados intra-grupos (Total Within Sum of Squares), e o eixo X indica o número de agrupamentos testados. A inflexão acentuada da curva no ponto $k = 2$ indica que a formação de dois grupos é a mais adequada para representar a estrutura dos dados, conforme os critérios de variância explicada.

A estrutura de agrupamento sugerida pelo Elbow Method foi confirmada pela Análise de Agrupamento Hierárquico, utilizando o método de ligação de Ward (ward.D2) e distância euclidiana.

O dendrograma resultante revelou a formação de dois grupos bem definidos entre os acessos avaliados (Figura 39). O Grupo 1 concentrou as etnovarietades BAU_5, BAU_17, BAU_2, BAU_7 e BAU_18, enquanto o Grupo 2 agrupou BAU_3, BAU_4, BAU_20 e o cultivar comercial Turiaçu Amazonas (TUR_00). A separação entre os grupos é evidenciada pela altura dos ramos, que indica maior dissimilaridade entre os clusters.

Dendrograma das etnovarietades de abacaxi

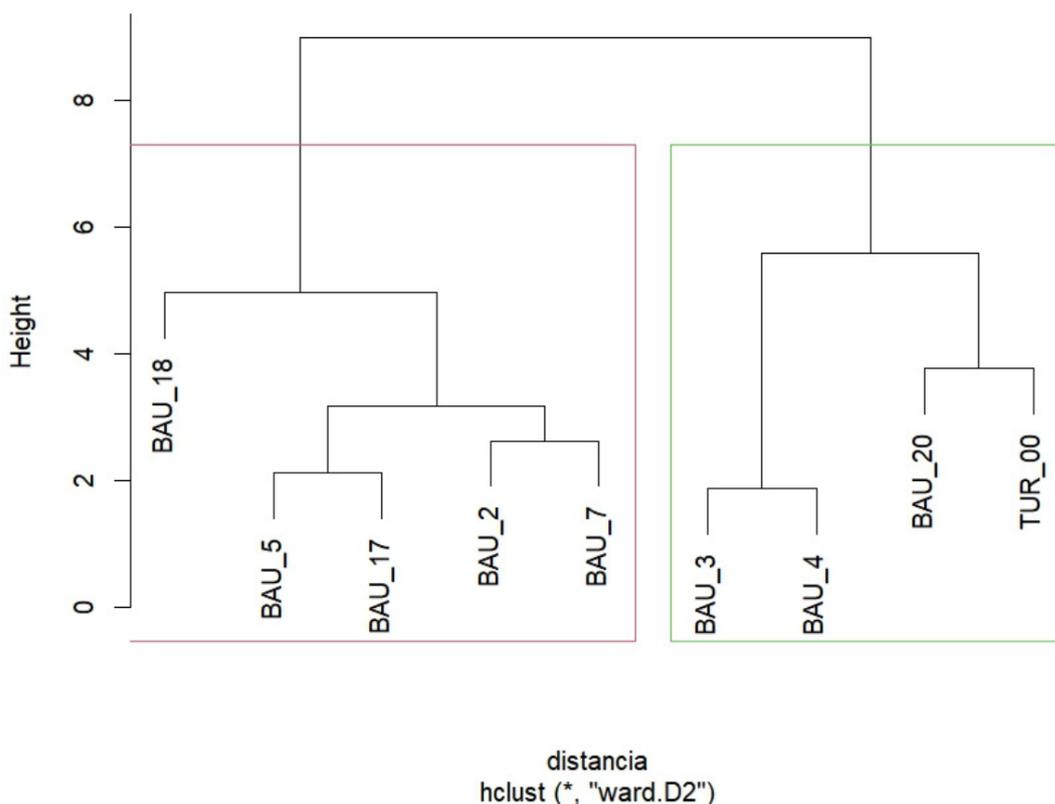


Figura 39. Dendrograma de agrupamento hierárquico das etnovarietades de abacaxi e do cultivar comercial Turiaçu Amazonas, com base em características morfoagronômicas e físico-químicas. A análise foi realizada pelo método de Ward, utilizando distância euclidiana, e resultou na formação de dois grupos principais. A altura dos ramos indica o grau de dissimilaridade entre os acessos avaliados.

A projeção dos agrupamentos no espaço da Análise de Componentes Principais (PCA) reforçou visualmente a separação entre os dois grupos identificados. A Figura 40 ilustra essa distribuição bidimensional, com os acessos organizados conforme seus escores nos dois primeiros componentes principais (Dim1 e Dim2).

As elipses coloridas indicam a dispersão de cada cluster com 95% de confiança. Nota-se que o Grupo 1, representado pela elipse vermelha, reúne os acessos com valores médios menores para peso e dimensões das infrutescências. Já o Grupo 2, em azul, engloba os acessos com morfologia mais próxima do cultivar Turiaçu, sugerindo convergência fenotípica entre essas etnovarietades e o material comercial.

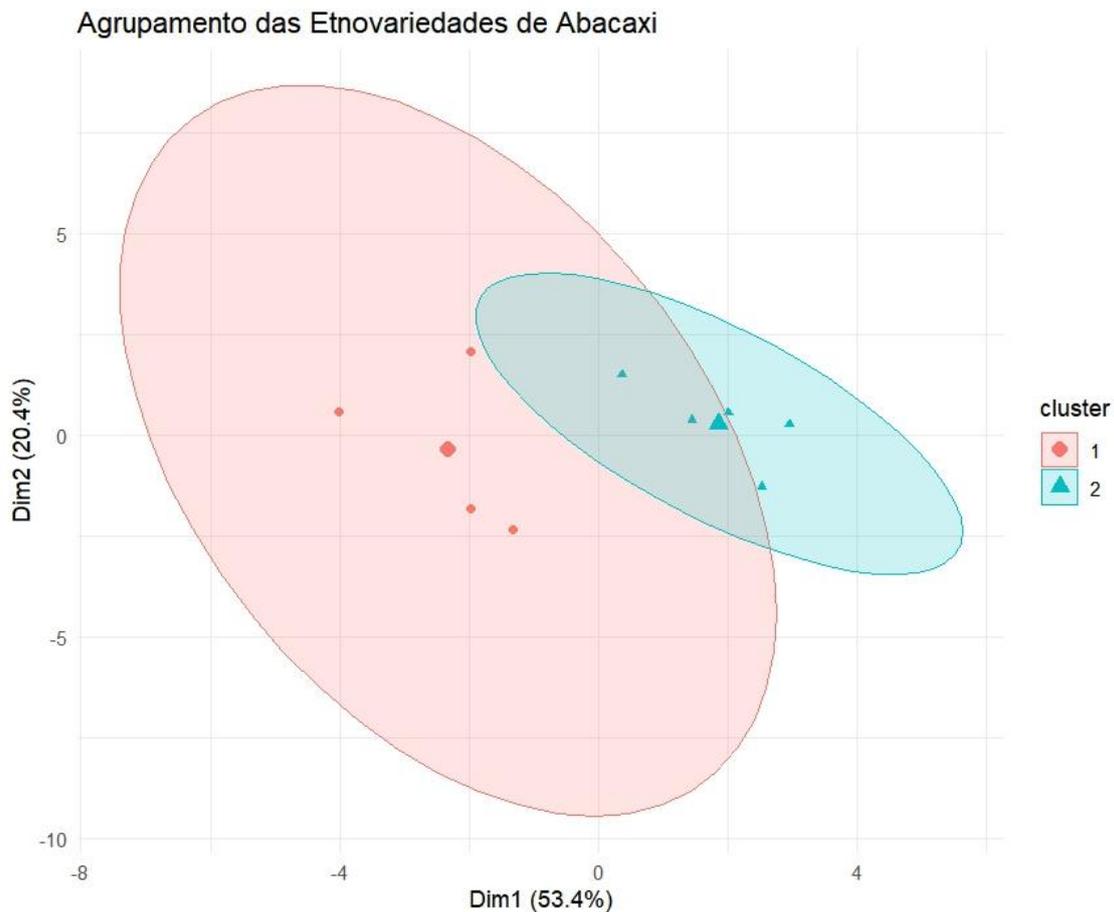


Figura 40. Distribuição dos agrupamentos de etnovariiedades de abacaxi com base na Análise de Componentes Principais (PCA) e na análise de agrupamento K-means. Os dois grupos foram formados a partir das características morfoagronômicas e físico-químicas das infrutescências. As elipses coloridas representam a dispersão dos acessos em cada grupo, conforme os dois primeiros componentes principais: Dimensão 1 (53,4%) e Dimensão 2 (20,4%), que juntos explicam 73,8% da variância total. A figura evidencia padrões de similaridade e distinção entre as etnovariiedades avaliadas.

5.5.3 Análise discriminante (ADL)

A Análise Discriminante Linear (ADL) foi aplicada com o objetivo de validar a separação entre os dois grupos identificados nas análises anteriores e identificar quais variáveis mais contribuíram para a discriminação entre os acessos. Essa abordagem estatística permite avaliar a eficácia da classificação e identificar os descritores com maior poder discriminativo entre os grupos previamente definidos.

Os escores médios padronizados das variáveis com maior relevância para a separação dos grupos estão representados na Figura 41, destacando os descritores mais influentes na diferenciação entre os acessos.

As barras do gráfico indicam a magnitude da contribuição de cada variável para a separação dos grupos, permitindo uma análise clara da importância relativa dos descritores avaliados.

Observa-se que o peso do sincarpo (ps) foi a variável com maior contribuição positiva para a separação do Grupo 2, o qual inclui o cv. Turiaçu Amazonas e etnovarietades de maior porte. Em contrapartida, o comprimento da coroa (cc) e o diâmetro da infrutescência (dm) também apresentaram escores elevados, indicando forte associação com a morfologia estrutural dos genótipos incluídos nesse grupo.

A variável relação sólidos solúveis/acidez titulável (ssat), embora associada a atributos qualitativos da polpa, também contribuiu positivamente para a diferenciação entre os grupos, sugerindo que características de qualidade interna foram parcialmente associadas à estrutura morfológica observada. Já as demais variáveis apresentaram escores menores e, portanto, menor influência na formação dos grupos.

A separação gráfica entre os dois grupos na Figura 41 evidencia que os padrões identificados por meio da PCA e da análise de agrupamento foram estatisticamente consistentes, sendo confirmados pela ADL.

A distinção clara entre os escores médios dos grupos indica que as etnovarietades avaliadas apresentam diferenciação morfoagronômica estruturada, com potenciais implicações para uso agrônomo e programas de conservação ou melhoramento.

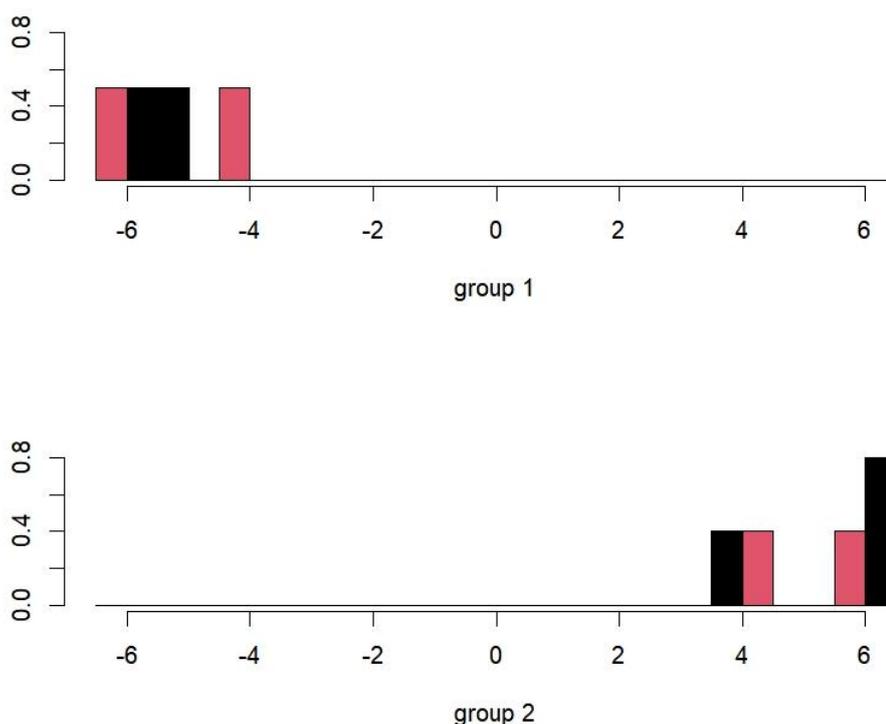


Figura 41. Análise Discriminante Linear (LDA) entre grupos formados a partir de características morfoagronômicas e físico-químicas das etnovarietades de abacaxi e do cultivar Turiaçu Amazonas. O gráfico apresenta os escores padronizados médios dos dois grupos identificados, com base nas variáveis discriminantes mais relevantes. As barras ilustram a separação entre os grupos 1 e 2, evidenciando padrões distintos de agrupamento.

6. DISCUSSÃO

6.1 Características morfológicas das infrutescências

6.1.1 Descritores qualitativos

A análise dos descritores qualitativos revelou ampla diversidade morfológica entre as etnovariedades avaliadas, com destaque para a variação na forma do sincarpo, coloração das brácteas e presença de acúleos nas folhas da coroa. Essa diversidade é indicativa de diferentes histórias de domesticação e seleção local, reforçando o papel ativo das comunidades tradicionais amazônicas na manutenção da agrobiodiversidade do abacaxi.

A presença de acúleos, frequentemente associada a desafios no manejo e comercialização, mostrou-se ausente em acessos como BAU_2 (Azul), BAU_03 (Verdadeiro), BAU_4 (Ananá) e BAU_17 (Abacaxi), indicando possíveis pressões seletivas voltadas à redução de danos mecânicos, à facilidade de transporte e manuseio.

Em contrapartida, a variação morfológica intra-acesso observada, especialmente em características como a forma do sincarpo e a coloração das brácteas, sugere segregação genética residual ou influência de microambientes de cultivo, como também relatado por Rosmaina et al. (2021) em coleções *ex situ* de *Ananas comosus*.

Sob a perspectiva da cadeia produtiva, esses atributos possuem relevância prática direta. Formatos cilíndricos, como os observados em BAU_02 (Azul), BAU_03 e BAU_20, são preferíveis por conferirem maior estabilidade durante o empilhamento e menor risco de danos internos por compressão.

Estudos biomecânicos demonstram que deformações superiores a 10 mm podem comprometer a integridade do tecido parenquimatoso da infrutescência (LIU et al., 2023), especialmente em materiais com geometria irregular ou acúleos proeminentes. Tais achados sugerem que as etnovariedades amazônicas citadas possuem, além da diversidade genética, características morfofuncionais compatíveis com os requisitos de qualidade do mercado.

Esses descritores, por sua estabilidade e facilidade de observação, continuam sendo ferramentas essenciais tanto para a caracterização de cultivares quanto para a gestão eficiente de bancos ativos de germoplasma, como defendido por Adje et al. (2019). No contexto amazônico, sua utilização também permite a valorização de atributos regionais, conectando funcionalidade agrônômica e identidade sociocultural.

6.1.2 Descritores quantitativos

Os descritores quantitativos analisados revelaram variações morfoagronômicas relevantes entre as etnovariedades amazônicas de abacaxi, com implicações que transcendem a diversidade genética.

Comprimento e massa da coroa, dimensões do sincarpo, número e comprimento dos frutículos, além da firmeza da polpa, emergiram como indicadores-chave não apenas de identidade varietal, mas também de funcionalidade agrícola e comercial.

A etnovariedade Abacaxi Grande destacou-se pelo desenvolvimento expressivo da coroa, o que pode refletir maior vigor vegetativo e adaptação edafoclimática, reforçando sua importância para programas de conservação e melhoramento (ADJE et al., 2019). No entanto, esse mesmo atributo, ao exceder o equilíbrio morfológico com o sincarpo, compromete sua viabilidade logística, dificultando o empilhamento, o encaixe em embalagens padronizadas e o transporte em larga escala. Como apontado por Liu et al. (2023), morfologias desproporcionais impactam negativamente cadeias de suprimento que operam com alto grau de otimização de espaço e uniformidade.

Por outro lado, as etnovariedades Cabeça de Onça e Abacaxi apresentaram sincarpas mais longos e largos, características associadas a maior rendimento de polpa e, portanto, maior valor em mercados de frutas frescas e processadas (NERI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021). Esses acessos exemplificam a convergência entre diversidade morfológica e desempenho comercial, especialmente quando combinados com atributos como firmeza de polpa e atratividade visual.

O número e o comprimento dos frutículos também variaram entre os acessos, sinalizando perfis distintos de uso: frutículos numerosos, como os de Cabeça de Onça e Garrafa, são desejáveis em contextos industriais; já os longos frutículos observados em Abacaxi ampliam o apelo visual para mercados in natura. Essa complementaridade fenotípica revela o potencial de uso segmentado das etnovariedades, conforme nichos de mercado e cadeias produtivas específicas.

Em termos de conservação pós-colheita, a firmeza da polpa emergiu como um diferencial funcional. As etnovariedades Abacaxi Roxo e Cabeça de Onça superaram 14 N em resistência mecânica, indicando menor propensão a danos físicos e maior durabilidade em prateleira, aspectos críticos em cadeias logísticas tropicais. Esses dados corroboram os achados de Küster et al. (2018) e posicionam essas linhagens como alternativas promissoras ao lado de cultivares comerciais, combinando robustez física e valor genético regional.

A análise integrada dos descritores quantitativos evidencia que a agrobiodiversidade amazônica não apenas contribui para a conservação de recursos genéticos, mas também oferece soluções práticas e escaláveis para desafios contemporâneos da produção agrícola. A articulação entre atributos morfológicos e exigências de mercado sinaliza o potencial das etnovariedades como base para inovação tecnológica com identidade territorial.

6.2 Parâmetros físico-químicos das etnovariedades

6.2.1 Análises físico-químicas da polpa

As análises físico-químicas da polpa das etnovariedades revelaram um mosaico de atributos funcionais, capazes de agregar valor tanto sob a ótica nutricional quanto na dinâmica pós-colheita.

A concentração de vitamina C, por exemplo, variou entre as regiões da polpa, destacando-se na porção basal da etnovariedade Garrafa. Esse acúmulo regionalizado de ácido ascórbico, também descrito por Souza et al. (2020) e Sanches et al. (2024), está associado à maior proximidade do pedúnculo, onde o fluxo vascular é mais intenso.

A preservação desses teores em condições de pós-colheita, conforme apontado por Hoque et al. (2022), amplia a estabilidade nutricional do fruto, enquanto autores como Ali et al. (2020) reforçam que altos níveis de vitamina C são um marcador de qualidade percebida pelo consumidor. Dessa forma, etnovariedades como Garrafa consolidam-se como candidatas prioritárias para programas de promoção da biodiversidade com apelo nutricional.

O pH mostrou-se uniforme entre as diferentes regiões da polpa, com valores que situam as etnovariedades dentro da faixa de estabilidade sensorial e microbiológica ideal (3,8–4,3), como relatado por Chadar et al. (2021) e George et al. (2016).

A etnovariedade Abacaxi Grande, com pH mais elevado (~4,2), expressa um perfil menos ácido, que pode favorecer sua aceitação em mercados voltados ao consumo in natura. A estabilidade do pH também se traduz em previsibilidade tecnológica, atributo valorizado em cadeias de produção que exigem padronização, como apontado por Hou et al. (2025).

A razão sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) reforçou sua importância como métrica sensorial integrativa, sendo especialmente relevante para caracterização de infrutescências voltados ao consumo fresco. Valores ideais dessa razão estão associados à percepção de doçura equilibrada, conforme Viana et al. (2019), e refletem a interação entre variáveis químicas e resposta gustativa. Assim, as etnovariedades amazônicas demonstram

potencial para atender diferentes preferências sensoriais, ampliando sua adaptabilidade a nichos de mercado diversificados.

Entre os açúcares solúveis totais (AST), a etnovarietade Cabeça de Onça apresentou teores superiores a 30% em algumas regiões da polpa, desempenho que ultrapassa a maioria dos acessos e a posiciona como material promissor para processamento industrial. Teores elevados de AST (% glicose) conferem não apenas maior densidade sensorial, mas também textura encorpada e maior estabilidade em produtos como sucos concentrados e frutas minimamente processadas (Gomez et al., 2022; Rashima et al., 2021).

Por outro lado, etnovarietades com teores mais moderados, abaixo de 25%, também têm valor estratégico. Seu perfil sensorial mais leve pode ser desejável em frutas consumidas frescas, especialmente por consumidores que priorizam sabores mais equilibrados. Essa variação natural de teores, longe de ser uma limitação, aponta para uma complementaridade entre os acessos, permitindo o direcionamento de cada um segundo sua vocação tecnológica e sensorial.

Em síntese, os parâmetros físico-químicos da polpa revelam que as etnovarietades não apenas resguardam uma diversidade genética de valor histórico e cultural, mas também expressam atributos nutricionais e tecnológicos capazes de posicioná-las competitivamente frente às cultivares comerciais. Essa convergência entre biodiversidade e aplicabilidade reforça a importância de sua preservação ativa e valorização no contexto agroalimentar contemporâneo.

6.2.2 Análises físico-químicas do cilindro central

A análise específica do cilindro central das infrutescências revelou que essa região, frequentemente negligenciada em estudos convencionais, é funcionalmente estratégica para a caracterização da qualidade interna dos frutos.

Em etnovarietades como Garrafa, observou-se elevada concentração de vitamina C nas regiões basais do cilindro, resultado que sugere uma alocação metabólica defensiva mais intensa próximo ao pedúnculo. Essa concentração pode refletir mecanismos antioxidantes localizados, conforme apontado por Aziz et al. (2025) e Sanches et al. (2024), os quais descrevem o eixo central como uma zona de elevada densidade de tecidos parenquimáticos ativos, com papel crucial na homeostase redox e resistência pós-colheita.

A uniformidade do pH observada ao longo do cilindro central indica não apenas estabilidade maturacional, mas reforça a função tampão desse compartimento anatômico na regulação do balanço ácido-base do fruto. Essa característica é relevante para a padronização

em processos agroindustriais, onde flutuações de acidez comprometem tanto a estabilidade do produto quanto sua aceitabilidade sensorial (Rashima et al., 2021).

Ainda que a razão SS/AT não tenha apresentado variações estatisticamente significativas entre regiões, suas pequenas flutuações no cilindro central sugerem variações sensoriais perceptíveis, sobretudo em frutos consumidos in natura, nos quais diferenças mínimas podem influenciar diretamente a aceitação do consumidor (Freitas et al., 2024). Tal sensibilidade reforça a necessidade de considerar esse eixo como variável crítica na seleção de variedades para consumo fresco.

Destaca-se a etnoveriedade Cabeça de Onça, que apresentou teores elevados de açúcares solúveis totais (AST) no cilindro central, possivelmente refletindo uma maior eficiência fisiológica na condução e armazenamento de carboidratos em tecidos vasculares centrais como descrito por Dorey et al. (2016) e Rashima et al. (2021). Essa característica, além de aumentar a intensidade sensorial do sabor, representa um diferencial tecnológico em produtos como sucos e polpas concentradas, com elevado rendimento e menor necessidade de correção industrial de sólidos.

Frente a esses achados, torna-se evidente que o cilindro central não deve ser tratado como região fisiologicamente neutra. Pelo contrário, ele se configura como um descritor funcional altamente informativo, com implicações bioquímicas, tecnológicas e sensoriais que se articulam ao contexto de conservação da agrobiodiversidade.

A análise segregada desta porção amplia a compreensão sobre a complexidade estrutural e metabólica das etnoveriedades amazônicas, promovendo uma abordagem mais refinada e científica sobre o uso e valorização desses recursos genéticos locais.

6.3 Análise comparativa com a cultivar Turiaçu Amazonas

A cultivar Turiaçu, originária do Maranhão, consolidou-se como referência no mercado devido as suas características como formato cilíndrico, elevada doçura e baixa acidez, atributos que lhe conferem ampla aceitação comercial (FRAZÃO et al., 2025).

Após sua introdução em áreas de terra firme no Amazonas, especialmente nos polos produtivos de Novo Remanso (Itacoatiara) e Careiro da Várzea, a cultivar passou a ser reconhecida regionalmente como Turiaçu Amazonas, mantendo alto desempenho agrônomo e estabilidade fenotípica nas novas condições edafoclimáticas (ABREU, 2022; GARCIA et al., 2025).

O reconhecimento por Indicação Geográfica (IG), obtido em 2020 na modalidade Indicação de Procedência, consolidou sua identidade territorial e impulsionou seu posicionamento diferenciado no mercado.

Diante desse cenário, a comparação entre a cultivar Turiaçu Amazonas e as etnovariedades conservadas no BAG da UFAM é fundamental para compreender os potenciais de complementaridade, valorização genética e inserção mercadológica dessas variedades tradicionais, o que será aprofundado nos subtópicos seguintes.

6.3.1 Parâmetros morfológicos das infrutescências

A cultivar Turiaçu Amazonas, amplamente difundida nos polos produtivos do estado, tornou-se referência nos mercados formais pela padronização morfológica, alto rendimento de polpa e elevada tolerância ao transporte, atributos que atendem aos requisitos das cadeias de suprimento convencionais (GARCIA et al., 2025).

No entanto, os dados obtidos neste estudo indicam que diversas etnovariedades amazônicas apresentam atributos morfoagronômicos equivalentes ou até superiores em parâmetros-chave. As etnovariedades destacaram-se pelo diâmetro expressivo do sincarpo, elevada firmeza da polpa e proporção coroa-fruto equilibrada, critérios alinhados às exigências de comercialização internacional, como estabelecido pelo padrão UNECE FFV-49 (UNECE, 2023).

A ausência de acúleos, o formato cilíndrico e a homogeneidade entre repetições observadas nas etnovariedades BAU_02 (Azul), BAU_03 (Verdadeiro) e BAU_20 (Abacaxi Grande) reforçam sua aptidão para atender a mercados diferenciados, entendidos como aqueles que valorizam atributos ligados à sociobiodiversidade, à procedência e à sustentabilidade.

Esses mercados incluem feiras e cooperativas de agricultura familiar, programas de compras públicas voltados à alimentação escolar e à segurança alimentar, cadeias curtas de comercialização, empreendimentos de base comunitária e segmentos de produtos certificados ou com indicação geográfica, que reconhecem e remuneram melhor a qualidade e a origem dos recursos genéticos regionais.

A centralização da produção na cultivar Turiaçu Amazonas, embora compreensível do ponto de vista mercadológico, representa um risco estratégico à conservação da agrobiodiversidade regional. Como alertam Garcia e Silva (2024), a adoção hegemônica de uma única cultivar pode levar à erosão genética, reduzindo a resiliência dos sistemas agrícolas locais. Essa preocupação é corroborada por Souza et al. (2021), que destacam o impacto da

homogeneização varietal na extinção de linhagens geneticamente valiosas e culturalmente significativas.

A perda de etnovariedades cultivadas por agricultores familiares amazônicos não implica apenas um empobrecimento genético, mas também sociocultural. Essas etnovariedades são resultado de seleções históricas baseadas em critérios como sabor, resistência e adaptabilidade, muitas vezes ignorados pelos modelos de produção convencionais. Rodriguez-Alfonso et al. (2017) enfatizam que tais linhagens carregam consigo saberes tradicionais e são parte integrante do patrimônio alimentar das populações locais.

Assim, a comparação morfológica entre as etnovariedades e a cultivar Turiaçu Amazonas evidencia não só o potencial agrônomo e comercial dos acessos conservados no BAG da UFAM, como também reforça a necessidade de reposicionar essas variedades no debate sobre políticas públicas, programas de melhoramento participativo e estratégias de valorização de produtos da sociobiodiversidade.

O desconhecimento técnico-científico sobre essas etnovariedades ainda é uma das principais barreiras para sua inclusão em mercados formais, barreira que esta pesquisa busca romper com base em evidências empíricas.

6.3.2 Parâmetros físico-químicos das infrutescências

A análise físico-química comparativa entre as etnovariedades amazônicas e a cultivar Turiaçu Amazonas revelou que os acessos tradicionais conservados no BAG da UFAM exibem atributos de qualidade interna com forte apelo comercial.

Parâmetros como sólidos solúveis (SS), acidez titulável (ATT), vitamina C, pH e a relação SS/AT variaram significativamente entre os acessos, evidenciando perfis bioquímicos distintos, porém compatíveis com os padrões exigidos por mercados formais e especializados (UNECE, 2023; SILVA et al., 2023).

Etnovariedades como Cabeça de Onça e Garrafa, por exemplo, apresentaram teores de vitamina C superiores aos da cultivar comercial, indicando maior potencial funcional e valor agregado em nichos de alimentos saudáveis e funcionais. Já a etnovariedade Abacaxi destacou-se pelos elevados níveis de SS e firmeza de polpa, características que aumentam a aceitação sensorial e favorecem o aproveitamento agroindustrial.

A relação SS/AT, reconhecida como índice de doçura percebida, atingiu níveis satisfatórios em praticamente todos os acessos, apontando para ampla adaptabilidade às exigências do consumidor moderno (FREITAS et al., 2024; HOQUE et al., 2022).

Esses dados não apenas reforçam a qualidade bioquímica das etnovariedades, mas também desmontam a falsa premissa de que somente cultivares comerciais, como Turiaçu Amazonas, atendem aos requisitos mercadológicos. Como apontam Garcia et al. (2025) e Garcia e Silva (2024), a valorização da diversidade genética com identidade territorial é uma estratégia central para garantir segurança alimentar, competitividade agrícola e justiça socioeconômica.

Ademais, vale destacar que a cultivar Turiaçu Amazonas é resultado de seleção natural conduzida por agricultores tradicionais, e não de programas formais de melhoramento. Isso evidencia o papel histórico e estratégico dos sistemas agrícolas tradicionais na geração de cultivares com atributos superiores, argumento que também se aplica às etnovariedades avaliadas neste estudo (GARCIA et al., 2013; SOUZA et al., 2021).

A concentração exclusiva de investimentos em uma única cultivar pode acelerar processos de homogeneização varietal, tornando os sistemas agrícolas mais vulneráveis a pragas, doenças e mudanças climáticas. Autores como Oliveira et al. (2021) e Carvalho (2021) alertam que a erosão genética é frequentemente invisibilizada em cadeias produtivas orientadas exclusivamente por performance comercial.

Nesse contexto, a manutenção e promoção das etnovariedades oferece uma oportunidade estratégica para diversificar a base produtiva com variedades nutricionalmente ricas, resilientes e culturalmente valorizadas. A integração dessas variedades em políticas públicas de fomento, certificação de origem e programas de compras institucionais, como o PAA e o PNAE, está em consonância com as diretrizes da FAO para sistemas alimentares sustentáveis (FAO, 2022).

Portanto, os resultados físico-químicos apresentados não apenas atestam o potencial das etnovariedades para atender a padrões comerciais exigentes, como reforçam a urgência de ações estruturantes para sua valorização, proteção legal e inserção nos mercados que reconhecem a importância da sociobiodiversidade.

6.4 Análises multivariadas das etnovariedades de abacaxi e cv. Turiaçu Amazonas

A análise integrada dos dados morfoagronômicos e físico-químicos, por meio de métodos multivariados, revelou agrupamentos fenotípicos consistentes com a diversidade esperada em materiais conservados no Banco Ativo de Germoplasma de abacaxi da UFAM.

O uso articulado de Análise de Componentes Principais (PCA), agrupamento hierárquico e análise discriminante se mostrou eficaz para distinguir padrões estruturados entre

os acessos, especialmente em um contexto de elevada heterogeneidade morfológica e bioquímica.

Estudos recentes (QIN et al., 2021; LUO e LI, 2025) ressaltam que abordagens multivariadas são fundamentais não apenas para reduzir a dimensionalidade dos dados, mas também para identificar genótipos com atributos agronômicos, sensoriais e adaptativos diferenciados.

No presente estudo, essa abordagem permitiu detectar agrupamentos coerentes com o histórico de seleção empírica conduzido por agricultores familiares, revelando trajetórias fenotípicas moldadas tanto por pressões naturais quanto por práticas culturais específicas (MCALVAY et al., 2024).

A formação de grupos distintos, com sobreposição parcial entre etnovariedades e a cultivar Turiaçu Amazonas, sugere a existência de processos de convergência fenotípica, fenômeno descrito por Coppens d'Eeckenbrugge e Duval (2009) e Chen et al. (2019) em estudos sobre domesticação secundária. Essa convergência, contudo, não implica em homogeneidade genética, mas evidencia que diferentes linhagens podem expressar morfotipos semelhantes quando submetidas a ambientes ou manejos culturais convergentes.

Importante destacar que, embora as variáveis físico-químicas tenham sido incluídas na matriz multivariada, os atributos estruturais (dimensões, formato, peso e número de frutículos) exerceram maior peso na formação dos clusters. Essa predominância de descritores morfológicos em relação aos bioquímicos também foi observada em espécies perenes por Khan et al. (2018) e Achigan Dako et al. (2019), sendo atribuída à seleção empírica baseada principalmente em características visuais.

Esse desalinhamento entre aparência externa e qualidade interna reforça a necessidade de incorporar descritores bioquímicos nas estratégias de melhoramento participativo. Variedades visualmente similares podem apresentar teores nutricionais, firmeza ou acidez significativamente distintos, atributos invisíveis aos olhos, mas decisivos para mercados sensíveis à qualidade (RASHIMA et al., 2019).

Neste sentido, a aplicação de análises multivariadas não apenas auxiliou na interpretação da diversidade fenotípica, mas também forneceu subsídios técnicos para a definição de estratégias de valorização comercial e conservação *in situ* e *ex situ*. Os resultados demonstram que a diversidade genética expressa nas etnovariedades é vasta, funcional e ainda pouco explorada, um recurso estratégico para a resiliência agrícola e para a soberania alimentar da região.

6.5 Importância da agrobiodiversidade do abacaxi no Amazonas

A agrobiodiversidade do abacaxi no estado do Amazonas constitui um patrimônio genético, cultural e socioeconômico estratégico para a sustentabilidade dos sistemas de agricultura familiar e para a segurança alimentar regional.

A persistência de etnovarietades manejadas por agricultores tradicionais e povos indígenas garante a conservação de linhagens adaptadas às condições edafoclimáticas amazônicas, com resistência intrínseca a estresses bióticos e abióticos e atributos sensoriais valorizados localmente (GARCIA et al., 2013; SOUZA et al., 2021).

Essa diversidade, frequentemente invisibilizada pelos circuitos convencionais de pesquisa e mercado, tem sido mantida graças ao conhecimento tradicional e às práticas agrícolas regionais. O estudo de Donegá (2023), conduzido no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM em articulação com a Embrapa Amazônia Ocidental, exemplifica o compromisso institucional com estratégias de conservação integradas, ressaltando a necessidade de sinergia entre ciência e saber local para garantir a resiliência dos sistemas agroalimentares da Amazônia.

Inserido nesse cenário, o presente trabalho representa uma contribuição científica inédita ao realizar a caracterização morfoagronômica e físico-química de infrutescências tradicionalmente pouco exploradas pela pesquisa convencional. Ao empregar métodos estatísticos robustos e valorizar os saberes agrícolas das comunidades, este estudo desafia a lógica homogeneizante dos sistemas de produção dominantes e propõe uma abordagem centrada na diversidade biocultural.

Essa perspectiva está em sintonia com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente aqueles relacionados à conservação da biodiversidade (ODS 15), segurança alimentar (ODS 2), valorização da agricultura familiar (ODS 12) e equidade territorial (ODS 10), conforme diretrizes da FAO (2021).

Portanto, a agrobiodiversidade do abacaxi no Amazonas não é apenas uma reserva genética, mas um instrumento de resistência, identidade e inovação para os territórios rurais amazônicos. Ao integrar ciência e tradição, este estudo fortalece as bases para políticas públicas inclusivas e estratégias de desenvolvimento rural sustentáveis, reafirmando o protagonismo das comunidades locais na construção de sistemas alimentares mais justos, resilientes e enraizados nos territórios que os originam.

7. CONCLUSÃO

A caracterização morfoagronômica e físico-química das etnovariedades de abacaxi conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM revelou uma diversidade ampla e consistente, que transcende os padrões estabelecidos pelas cultivares comerciais e reafirma a Amazônia como centro de origem da espécie *Ananas comosus*.

Os resultados demonstraram atributos específicos de qualidade como o elevado teor de vitamina C na etnovariedade Garrafa, a estabilidade de pH no Abacaxi Grande e a concentração de açúcares solúveis na Cabeça de Onça confirmando o potencial dessas variedades tanto para consumo *in natura* quanto para aplicações tecnológicas e industriais. Tais achados ampliam a compreensão sobre a espécie e evidenciam a relevância desse patrimônio genético para programas de promoção da biodiversidade com apelo nutricional, funcional e mercadológico.

Do ponto de vista agroecológico, a diversidade identificada reflete o papel central dos agricultores familiares e das comunidades tradicionais na manutenção da agrobiodiversidade amazônica. Ao conservarem e multiplicarem essas variedades, asseguram não apenas a preservação genética da espécie, mas também a soberania alimentar e cultural dos territórios, fortalecendo sistemas agrícolas sustentáveis e resilientes.

Esse processo é resultado de um conhecimento tradicional acumulado por gerações, cuja integração com a ciência moderna constitui estratégia essencial para a valorização e proteção do patrimônio agrícola regional.

Nesse contexto, a universidade assume papel estratégico como mediadora entre ciência, sociedade e políticas públicas. Ao sistematizar e difundir o conhecimento gerado, as instituições de ensino e pesquisa contribuem para reduzir a vulnerabilidade das comunidades frente à descontinuidade de políticas governamentais, frequentemente marcadas por instabilidade e pouca aderência às realidades locais.

A valorização das etnovariedades de abacaxi do Amazonas, portanto, extrapola a dimensão científica e assume relevância política, social e econômica, demandando marcos regulatórios e programas de apoio que assegurem o acesso a mercados diferenciados, mecanismos de proteção legal e suporte técnico.

Conclui-se que as etnovariedades caracterizadas neste estudo representam não apenas um recurso genético de alto valor para programas de melhoramento e conservação, mas também símbolos vivos da história, identidade e resistência dos povos da Amazônia.

Reconhecer e valorizar esse patrimônio significa garantir sua continuidade como base para soluções inovadoras aos desafios globais de segurança alimentar, competitividade agrícola

e justiça socioeconômica, consolidando a agrobiodiversidade como ativo estratégico para o futuro da agricultura.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que o abacaxi (*Ananas comosus*) representa não apenas um recurso agrícola de relevância econômica global, mas também um patrimônio genético e cultural profundamente enraizado na Amazônia.

A análise teórica e experimental realizada ao longo desta dissertação demonstrou que a conservação da agrobiodiversidade depende do reconhecimento das etnovariedades cultivadas por agricultores familiares e comunidades tradicionais, cujo papel como guardiões da diversidade genética se mostra insubstituível.

Essas variedades não são apenas alternativas às cultivares comerciais, mas carregam traços adaptativos, atributos nutricionais e valores socioculturais que reforçam a relação intrínseca entre agroecologia e agrobiodiversidade, revelando o potencial da agricultura amazônica em promover sistemas alimentares sustentáveis e resilientes.

Conclui-se que a caracterização morfoagronômica e físico-química das etnovariedades de abacaxi do Amazonas representa uma contribuição científica inédita para o conhecimento e valorização desses recursos, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de políticas públicas consistentes que assegurem sua proteção e valorização.

O fortalecimento do papel da universidade na geração de conhecimento, aliado à participação ativa das comunidades e ao apoio de governanças estáveis, é condição essencial para garantir que esse patrimônio não se perca frente às pressões da homogeneização agrícola.

As etnovariedades reveladas neste estudo são, portanto, mais do que frutos da terra: constituem sementes de futuro, capazes de sustentar um modelo agrícola diverso, justo e profundamente conectado à identidade cultural da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. C. D. D. **Tecnologias pós-colheita para o aumento da vida-útil do abacaxi Turiaçu produzido no Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9199>.
- ADJE, C. A. O.; ACHIGAN-DAKO, E. G.; COPPENS D’EECKENBRUGGE, G.; YEDOMONHAN, H.; AGBANGLA, C. **Morphological characterization of pineapple (*Ananas comosus*) genetic resources from Benin**. *Fruits*, v. 74, n. 4, p. 167–179, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17660/th2019/74.4.3>.
- AGUILERA-ARANGO, G. A.; PUENTES-DIAZ, C. L.; MORILLO-CORONADO, Y. **Importance of genetic resources of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) in Colombia**. *Agronomía Mesoamericana*, Alajuela, v. 33, n. 2, e48171, 2022.
- ALI, M. M.; HASHIM, N.; AZIZ, S. A.; LASEKAN, O. **Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products**. *Food Research International*, v. 137, p. 109675, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>.
- ALTIERI, M. A.; TOLEDO, V. M. **The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants**. *The Journal of Peasant Studies*, v. 38, n. 3, p. 587–612, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>.
- ANUAR, I. S. M.; NUSAIBAH, S. A.; SAPAK, Z. **Economically imperative *Ananas comosus* diseases, status, and its control measures documented in producing countries**. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, v. 47, n. 2, p. 307–322, 2024.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 18. ed. Maryland, 2005.
- AZIZ, A. A. A.; YUSRI, A. S.; SARBON, N. M. **Evaluating the physicochemical properties and antioxidant activity of pineapple-oriented energy drink**. *Journal of Food Science and Technology*, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-025-05816-y>.
- BORGES, M. M. R.; SOUSA, L. M.; RIBAS, G. G. **Sustainable production systems in the Brazilian Amazon: a systematic review**. *Sustainability*, v. 17, n. 11, p. 4745, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17114745>.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015**. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2015.
- BRASIL. **Lei nº 15.021, de 12 de novembro de 2024**. Dispõe sobre a produção, controle, fiscalização e comercialização de material genético animal no território nacional e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 2024.
- BRÜCHER, H. **Zur Widerlegung von Vavilovgeographisch-botanischer Differentialmethode**. *Erdkunde*, v. 25, p. 20-36, 1971.

CARVALHO, M. B. **Conservação da agrobiodiversidade, populações tradicionais e cientistas.** Cadernos de Campo (UFPR), v. 30, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-8034.2021.e67235>.

CHADAR, F. J.; HOUNHOUGAN, M. H.; SANYA, A. K. C.; GBAGUIDI, M. A.; DEKPEMADOHA, J.; LINNEMANN, A. R.; HOUNHOUGAN, D. J. **Microbial and nutritional stability of pineapple juice during storage: effect of harmonized thermal pasteurization technologies.** American Journal of Food Science and Technology, v. 9, n. 3, p. 82–89, 2021. DOI: [10.12691/ajfst-9-3-3](https://doi.org/10.12691/ajfst-9-3-3).

CHEN, L.Y.; VANBUREN, R.; PARIS, M.; ZHOU, H.; ZHANG, X.; WAI, C. M.; YAN, H.; CHEN, S.; ALONGE, M.; RAMAKRISHNAN, S.; LIAO, Z.; LIU, J.; LIN, J.; YUE, J.; FATIMA, M.; LIN, Z.; ZHANG, J.; HUANG, L.; WANG, H.; HWA, T.-Y.; KAO, S.-M.; CHOI, J. Y.; SHARMA, A.; SONG, J.; MING, R. **The bracteatus pineapple genome and domestication of clonally propagated crops.** Nature Genetics, v. 51, p. 1549–1558, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0506-8>.

CLEMENT, C. R.; CRISTO-ARAÚJO, M.; D'EECKENBRUGGE, C.; PEREIRA, A. A.; RODRIGUES, D. P. **Origin and domestication of native Amazonian crops.** Diversity, Basel, v. 2, p. 72–106, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3390/d20100072>.

COIMBRA JR, C. E. A.; WELCH, J. R. **Pineapple among the Indigenous Nambikwara: Early Twentieth Century Photographic Documentation from Central Brazil.** Ethnobiology Letters, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 67–75, set. 2020. DOI: [10.14237/ebl.11.1.2020.1703](https://doi.org/10.14237/ebl.11.1.2020.1703).

COLLINS, J. L. **The pineapple. Botany, cultivation, and utilization.** New York: Interscience Publishers Inc., 294 p., 1960.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; LEAL, F. **Morphology, anatomy, and taxonomy.** In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Eds.). *The Pineapple: Botany, Production and uses.* Wallingford: CABI Publishing, p. 13-32. 2003.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; DUVAL, M. F. **The domestications of pineapple: context and hypotheses.** Newsletter of the Pineapple Working Group. International society of horticultural science, n. 16, p. 15–26, 2009.

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. **From the Americas to the World - origin, domestication and dispersion of pineapple.** Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.6, p.1473-1483, 2010.

CTENAS, M.L.B.; QUAST, D. **Abacaxi.** In: CTENAS, Maria Luiza de Brito (Ed.). *Frutas das terras brasileiras.* São Paulo: C2 Editora. p. 41-45, 2000.

DONEGÁ, M. V. B. **Caracterização de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de abacaxi comestível (Ananas comosus var. comosus) da Universidade Federal do Amazonas.** 2023. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical)–Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

DOREY, E.; LECHAUDEL, M.; TIXIER, P.; FOURNIER, P. **A statistical model to predict titratable acidity of pineapple during fruit developing period responding to climatic variables.** Scientia Horticulturae, v. 210, p. 19–24, 2016. DOI: [10.1016/j.scienta.2016.07.014](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.014).

DUVAL, M. F.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; FERREIRA, F. R.; CABRAL, J. R. S.; BIANCHETTI, L. de B. **First results from joint EMBRAPA-CIRAD Ananas germplasm collecting in Brazil and French Guyana.** Acta Horticulturae, v. 425, p. 137-144, 1997.

DUTTA, S.; BHATTACHARYYA, D.. **Enzymatic, antimicrobial and toxicity studies of the aqueous extract of Ananas comosus (pineapple) crown leaf.** Journal of Ethnopharmacology, [S.l.], v. 150, n. 2, p. 451–457, 2013. DOI: 10.1016/j.jep.2013.08.024.

FERREIRA, F. R.; GIACOMETTI, D. C.; BIANCHETTI, L. de B.; CABRAL, J. R. S. **Coleta de germoplasma de abacaxizeiros (Ananas comosus (L.) Merrill) e espécies afins.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 14, p. 5-11, 1992.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Draft guidelines on phenotypic characterization of animal genetic resources.** Rome: FAO, 2011. (CGRFA-13/11/Inf.19. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture – Thirteenth Regular Session, 18–22 July 2011).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICAL. Database. **Crops- database.** Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em 09/06/2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **What is Agrobiodiversity? In: Biodiversity for Food and Agriculture.** Rome: FAO, 1999. Disponível em: FAO Corporate Document Repository. Acesso em: 02 jun. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **International trade: major tropical fruits – preliminary results 2021.** Rome: FAO, 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Adapting to climate change in the tropical fruit industry: a technical guide for pineapple producers and exporters.** Rome: FAO, 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS- FAO. **Transforming food systems for sustainable development: pathways toward the implementation of the SDGs.** Rome: FAO, 2021.

FRAZÃO, N. R. A.; FREITAS, A. S.; CARVALHO, N. C. C.; COELHO, S. C.; OLIVEIRA, M. F. L. **Abacaxi de Turiaçu: “tesouro” do Maranhão com potencial agrônomo, nutricional, cultural e sustentável.** Revista Aracê, v. 7, p. 273, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev7n6-273>.

FREITAS, A. P. de; KRAUSE, W.; ARANTES, D. S. O.; SILVA, D. C.; SANTOS, E. A.; ARNOUX, R. S. **Agronomic performance and fruit sensory and quality analyses of pineapple cultivars.** Comunicata Scientiae, v. 15, e4193, 2024.

GARCIA, M. V. B.; GARCIA, T. B.; MATOS, A. P. de; JUNGHANS, D. T.; CABRAL, J. R. S. **Situação e perspectivas da abacaxicultura no Amazonas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DA CULTURA DO ABACAXI, 5., 2013, Palmas. Anais... Palmas: Secretaria da Agricultura e Pecuária do Estado do Tocantins, 2013.

GARCIA, I. G. F.; SILVA, T. A. **Análise bibliométrica sobre o uso do abacaxi cultivar Turiaçu e seus subprodutos na área de alimentos e nutrição.** Revista Brasileira de Alimentos e Nutrição, v. 13, n. 7, e5513746328, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i7.46328>.

GARCIA, M. V. B.; LOPES, R.; GARCIA, T. B.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P.; RODRIGUES, M. do R. L.; MARTINS, G. C. **Cultivar de abacaxi Turiaçu Amazonas: características morfológicas e agrônomicas.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, v. 60, 2025.

GEORGE, D. S.; RAZALI, Z.; SOMASUNDRAM, C. **Physiochemical changes during growth and development of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. cv. Sarawak)**. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 18, p. 491–503, 2016.

GIVNISH, T. J.; BARFUSS, M. H. J.; VAN EE, B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSIKA, P. A.; JABAILY, R. S.; CRAYN, D. M.; SMITH, J. A. C.; WINTER, K.; BROWN, G. K.; EVANS, T. M.; HOLST, B. K.; LUTHER, H.; TILL, W.; ZIZKA, G.; BERRY, P. E.; SYTSMA, K. J. **Adaptive radiation correlated and contingent evolution, and net species diversification in Bromeliaceae**. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 71, p. 55-78, 2014.

GOMEZ, S.; KURUVILA, B.; MANEESHA, P. K.; JOSEPH, M. **Variation in physico-chemical, organoleptic and microbial qualities of intermediate moisture pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) slices during storage**. *Food Production, Processing and Nutrition*, v. 4, n. 5, 2022. DOI: 10.1186/s43014-022-00084-2.

HAYATI, R.; KASIAMDARI, R. S. **Morphological Characters and Phenetic Relationship of Pineapple (*Ananas comosus*) from Central Java and Riau Provinces, Indonesia**. *International Journal of Agriculture and Biology* 30(6):405-414, 2023.

HAYATI, R.; KASIAMDARI, R. S. **Genetic diversity of Indonesian pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivars based on ISSR markers**. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, v. 47, n. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.47836/pjtas.47.4.02>.

HOQUE, M.; TALUKDAR, S.; ROY, K. R.; HOSSAIN, M. A.; ZZAMAN, W. **Sonication and thermal treatment of pineapple juice: comparative assessment of the physicochemical properties, antioxidant activities and microbial inactivation**. *Food Science and Technology International*, v. 29, n. 8, p. 660–672, 2023. DOI: 10.1177/10820132221127504.

HOU, X.; JIA, Z.; HONG, K.; MA, Z.; WU, Q.; ZHANG, L.; ZHANG, X. **Prevention of quality deterioration of 'Comte de Paris' pineapple harvested at different seasons and during postharvest storage**. *Scientia Horticulturae*, v. 345, 114125, 2025. DOI: 10.1016/j.scienta.2024.114125.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Censo Agropecuário, 2023**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacaxi/br>. Acesso em: 08/05/2025.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS– IDAM. **Relatório de atividades 2022**. p.44. Manaus-AM, 2023.

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES – IBPGR. **Descriptors for pineapple (*Ananas comosus*)**. Rome: IBPGR, ISBN 92-9043-199-7, 1991.

KHAN, A. A. M.; SAIM, N.; HAMID, R. D.; OSMAN, R.; ZAKARIA, S. R. **Varietal discrimination of pineapple (*Ananas comosus* L.) using chromatographic fingerprints and chemometrics. Indonesian**. *Journal of Chemistry*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22146/ijc.47159>.

KINLEY, R.; DHIMAL, C. M.; RAI, G. S. **Morphological and physico-chemical characteristics of three local pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.] cultivars grown under subtropical region of Bhutan**. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, v. 5, n. 2, p. 141–154, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22077/jhpr.2022.3016.1133>

- KUMAR, V.; DUREJA, H.; GARG, V. **Traditional use, phytochemistry and pharmacology of *Ananas comosus* (L.) Merr. (Family Bromeliaceae): An update.** *Current Nutrition & Food Science*, [S.l.], v. 18, n. 4, maio 2022. DOI: 10.2174/1573401318666220509140201.
- KÜSTER, I. S.; ALEXANDRE, R. S.; ARANTES, S. D.; SCHMILDT, E. R.; ARANTES, L. O.; KLEM, D. L. B. **Phenotypic correlation between leaf characters and physical and chemical aspects of cv. Vitória pineapple fruit.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018964>.
- LEAL, F.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. **Pineapple.** In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (eds.). *Fruit Breeding. I. Tree and tropical fruits*. New York: Wiley and Sons, p. 515-557, 1996.
- LI, G.; YAN, B.; PAN, D.; LUO, X.; LI, J. **Current status of pineapple breeding, industrial development, and genetics in China.** *Euphytica*, v. 23, n. 3, p. 1-20, 2023.
- LIU, W.; LIU, T.; ZENG, T.; MA, R.; CHENG, Y.; ZHENG, Y.; QIU, J.; QI, L. **Prediction of internal mechanical damage in pineapple compression using finite element method based on Hooke's and Hertz's laws.** *Scientia Horticulturae*, v. 308, p. 111-592, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111592>.
- LUO, M. T.; LI, Z. G. **Genetic diversity and trait discovery in pineapple germplasm: a meta-analysis approach.** *International Journal of Horticulture*, v. 15, n. 3, p. 105–112, 2025.
- LUTZ, C. **Pineapple genome sequences hint at plant domestication in single step.** Carl R. Woese Institute for Genomic Biology – University of Illinois Urbana-Champaign, 30 set. 2019.
- McALVAY, Alex C.; BYE, R.; LINARES, E.; NEVARES, A.; SILVESTRE, P. X.; MALDONADO, D. E.; BIERGE, S. R.; EMSHWILLER, E. **Genetic and phenotypic consequences of farmer management of feral *Brassica rapa* in Mexico, 2024.**
- MWANIKI, L. M.; WANJALA, B. W.; RUNO, S.; OMWENGA, G.; SIMIYU, E. S. **Evaluating genetic diversity in Kenyan pineapple (*Ananas comosus*) germplasm using sequence-related amplified polymorphism (SRAP) markers.** *American Journal of Plant Sciences*, v. 16, n. 4, p. 509–524, 2025.
- NERI, J. C.; MELÉNDEZ MORI, J. B.; VALQUI, N. C. V.; HUAMAN HUAMAN, E.; COLLAZOS SILVA, R.; OLIVA, M. **Effect of planting density on the agronomic performance and fruit quality of three pineapple cultivars (*Ananas comosus* L. Merr.).** *International Journal of Agronomy*, v. 2021, Article ID 5559564, p. 1–9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5559564>.
- OLIVEIRA, F. T. G. de; SALLIN, V. P.; NETO, B. C. et al. **Desenvolvimento de abacaxizeiros e qualidade de frutos sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, e449101321520, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21520>.
- PICKERSGILL, B. Pineapple. In: SIMMONDS, N. W. (ed.). **Evolution of crop plants.** London: Longman, p. 14-18, 1976.
- PRAKASH, J.; CHATTOPADHYAY, K.; SINGH, N. P. **Morphogenetic analysis of pineapple cultivars of Tripura.** *Indian Journal of Horticulture*, v. 69, n. 3, p. 312–316, 2012.
- PURSEGLOVE, J. W. Pineapple. In: *Tropical crops. Monocotyledons.* London: Longman, p. 75-91, 1972.

PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISON, C. **L'ananas, sa culture. ses produits.** Paris: G.P. Maisonneuve e Larose et A.C.C.T., 562p, 1984.

QIN, X.; LOCK, T. R.; KALLENBACH, R. L. DA: **Population structure inference using discriminant analysis.** *Methods in Ecology and Evolution*, v. 12, n. 8, p. 1503–1515, 2021.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing.** Version 4.5.1 for Windows. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.

RASHIMA, S. R.; MAIZURA, M.; HAFZAN, W. M. N.; HAZZEMAN, H. **Physicochemical properties and sensory acceptability of pineapples of different varieties and stages of maturity.** *Food Research*, v. 3, n. 5, p. 491–500, out. 2019. Disponível em: <https://www.myfoodresearch.com>.

RASHIMA, S. R.; AZHAR, M. E.; MAIZURA, M. **Influence of post-harvest physiology on sensory perception, physical properties, and chemical compositions of Moris pineapples (*Ananas comosus* L.).** *Journal of Food Science*, v. 86, n. 9, p. 4159–4171, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15877>.

REDWAN, R. M.; SAIDIN, A.; KUMAR, S. V. **The draft genome of MD-2 pineapple using hybrid error correction of long reads.** *DNA Research*, v. 23, n. 5, p. 427–435, 2016.

RODRÍGUEZ-ALFONSO, D.; ISIDRÓN-PÉREZ, M.; ALFONSO-GONZÁLEZ, D.; GRAJAL-MARTÍN, M. J.; HORMAZA-UROZ, J. I.; HERRERA-ISIDRÓN, L. **Diversity of pineapple genetic resources in Cuba: threats and actions for minimizing losses.** *Revista Fitotecnia Mexicana*, v. 40, n. 1, p. 93–101, 2017.

ROSMAINA, R.; ELFIANIS, R.; ALMAKSUR, A.; ZULFAHMI. **Minimal number of morphoagronomic characters required for the identification of pineapple (*Ananas comosus*) cultivars in peatlands of Riau, Indonesia.** *Biodiversitas*, v. 22, n. 9, p. 3854–3862, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220931>.

SANCHES, A. G.; FEITOSA, E. M. F.; SCHWOB, A. C. **Metabolic response of vitamin C and phenolic compounds in fresh-cut pineapple induced by pulsed electric fields.** *Future Postharvest and Food*, v. 1, n. 4, p. 454–465, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/fpf2.12045>.

SANEWSKI, G. M. **DARtseq molecular markers associated with the piping leaf margin phenotype in pineapple (*Ananas comosus* L.).** *Tropical Plant Biology*, v. 15, p. 233–246, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12042-022-09317-7>.

SANTILLI, J. **Conhecimentos Tradicionais Associados à Biodiversidade: elementos para a construção de um regime jurídico sui generis de proteção.** In: PLATIAU, Ana F. B; VARELLA, Marcelo Dias (organizadores). *Diversidade Biológica e Conhecimentos Tradicionais.* Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2004.

SANTOS, E. R.; FERREIRA, E. E. C.; SENA, J. C. A. **Cultivo do Abacaxi (Manual Técnico 15)** p.08-09. Marituba: EMATER- PA. p. 08-09, 2023.

SAYAGO-AYERDI, S.; GARCÍA-MARTÍNEZ, D. L.; RAMÍREZ-CASTILLO, A. C.; RAMÍREZ-CONCEPCIÓN, H. R.; VIUDA-MARTOS, M. **Tropical fruits and their co-products as bioactive compounds and their health effects: a review.** *Foods*, v. 10, n. 8, p. 1952, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081952>.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising**

from their Utilization to the Convention on Biological Diversity: text and annex. Montreal: CBD Secretariat, 2011.

SELANI, M. M.; BIANCHINI, A.; RATNAYAKE, W. S.; FLORES, R. A.; MASSARIOLI, A. P.; ALENCAR, S. M.; BRAZACA, S. G. C. **Physicochemical, functional and antioxidant properties of tropical fruits co-products**. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 71, n. 2, p. 137–144, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0531-z>.

SILVA, S.; TASSARA, H. Abacaxi. In: SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil São Paulo**: Nobel, p.25-27, 2001.

SILVA, D. C.; KRAUSE, W.; ARANTES, D. S. O.; FREITAS, A. P.; SANTOS, E. A.; SOUZA, R. N. de; FACHI, L. R.; NESPOLI, A.; ARAÚJO, D. V. de. **Genetic divergence in Brazilian varietal pineapple hybrids**. *Genetics and Molecular Research*, v. 22, n. 3, gmr19098, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr19098>.

SIMÃO, S. **O abacaxizeiro**. In: SIMÃO, S. *Tratado de fruticultura Piracicaba*: FEALQ, p.249-288, 1998.

SHARMA, A.; KUMAR, L.; MALHOTRA, M.; SINGH, A. P. **Ananas comosus (Pineapple): a comprehensive review of its medicinal properties, phytochemical composition, and pharmacological activities**. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, v. 14, n. 5, p. 148–157, May 2024. DOI: 10.22270/jddt.v14i5.6557.

SHU, H.; WANG, Y.; LI, K.; HE, L.; DING, L.; ZHAN, R.; CHANG, S.. **Accumulation of sugars and liquid in apoplast of fruit flesh result in pineapple translucency**. *American Journal of Plant Sciences*, v. 13, p. 576–587, 2022. DOI: 10.4236/ajps.2022.134041.

SOUZA, J. F.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG IV**. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum, 4ª edição p. 204, 2018.

SOUZA, F. V. D.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, E. H.; SANTOS, O. S. N.; SANTOS-SEREJO, J. A.; FERREIRA, F. R. **Caracterização morfológica de abacaxizeiros ornamentais**. *Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia*, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

SOUZA, F. V. D.; AUD, F. F.; SOUZA, E. H.; FERREIRA, F. R.; SANTOS, G. S. **Manual de gestão do banco ativo de germoplasma de abacaxi**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos/Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996, 250, 48-53 p., 2021.

SOUZA, I. C. C.; CARVALHO, A. C. B.; SILVA NETO, J. M. D.; FERNANDES, J. P. C.; ROCHA JUNIOR, J. D.; ARAÚJO, F. M. M. C.; MELO, R. L. F. **Caracterização físico-química dos frutos tropicais do Nordeste brasileiro**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, e125963562, 2020.

UNITED NATIONS. **UNECE Standard FFV-49: concerning the marketing and commercial quality control of pineapples**. New York; Geneva: United Nations, 2023.

VIANA, E. S.; REIS, R. C.; ROSA, R. C. C.; PÁDUA, T. R. P. de; MATOS, A. P. de. **Quality and sensory acceptance of ‘Pérola’ pineapple grown in soil with application of organic fertilizer**. *Ciência Rural*, v. 49, n. 7, e20170631, 2019. DOI: 10.1590/0103-8478cr20170631.

VILLALOBOS-OLIVERA, A.; LORENZO-FEIJOO, J. C.; QUINTANA-BERNABÉ, N.; LEIVA-MORA, M.; BETTONI, J. C.; MARTÍNEZ-MONTERO, M. E. **Morpho-anatomical and physiological assessments of cryo-derived pineapple plants (*Ananas comosus* var. *comosus*) after acclimatization.** *Horticulturae* 9(7), 841, 2023.

WAHAB, N. F.; KHAIRUDDIN, F. **Risk identifications of postharvest handling in pineapple crop that affecting the fruits quality.** *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, v. 10, n. 9, p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v10-i9/7858>.

YAHIA, E. M.; SALVADOR, J. D. D.; THERON, K. I. et al. **Postharvest biology and technology of pineapple.** *Scientia Horticulturae*, v. 316, 112000, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112000>.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. **The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone.** *Biochemical Journal*. v. 57, 508-514, 1954.

Cultiva etnovariedades é investir em:



Agrobiodiversidade

Variedades adaptadas a Amazônia



Cultura e saberes tradicionais

Conhecimento passado entre gerações



Sustentabilidade

Sistemas produtivos mais justos e ecológicos



Novos mercados e valor agregado

Produto com identidade amazônica

“Cada etnovariedade preservada fortalece a vida da espécie e sustenta a resistência de quem a cultiva.”



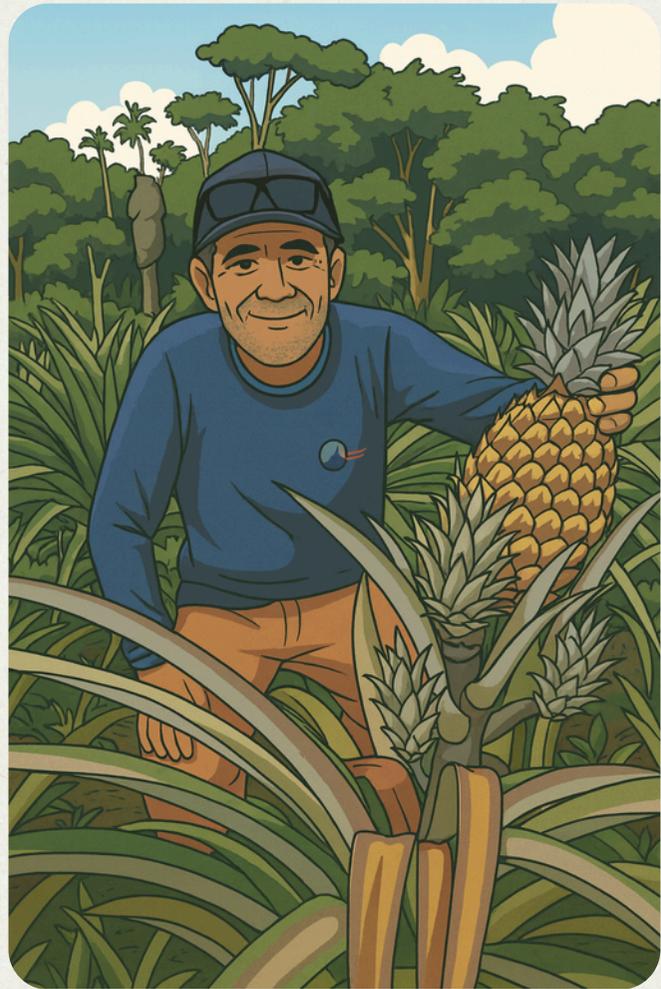
Apoio



Kellen Trajano de Lima
Bióloga (UFAM) e Agroecóloga (IFAM)
Mestre em Agronomia Tropical

kellentrajanodelima@gmail.com

ETNOVARIEDADES DE ABACAXI NO AMAZONAS



Saberes, diversidade e potencial

ABACAXI

ANANAS COMOSUS L. MERRIL



O abacaxi é uma das frutas tropicais mais cultivadas no Brasil e tem grande valor econômico, social e cultural

Rico em vitaminas, fibras e antioxidantes, ele é muito apreciado no consumo in natura e também na produção de sucos, doces e conservas



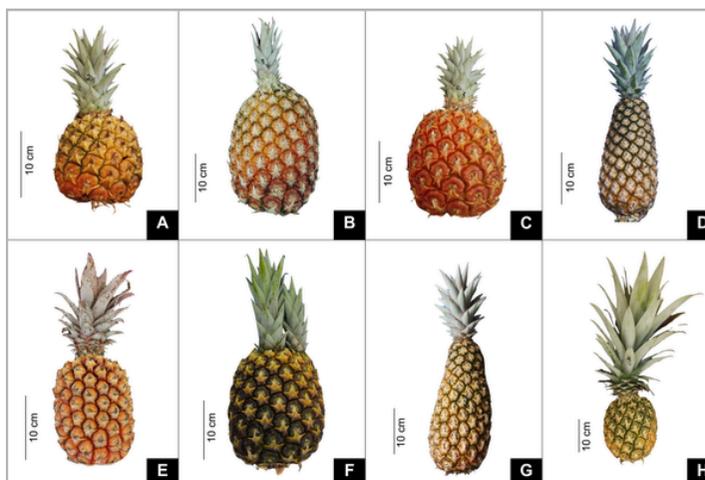
Para os agricultores familiares, o abacaxi representa parte da história local, do modo de vida e dos saberes passados entre gerações.



Etnovarietades de Abacaxi

O que são etnovarietades?

- São variedades locais do cultivadas e selecionadas por agricultores e povos tradicionais;
- Carregam identidade cultural e adaptação às condições da Amazônia;
- Apresentam diferenças de sabor, cor, acidez, tamanho e usos.



Infrutescências representativas de etnovarietades de abacaxi (*Ananas comosus* L.) conservadas no Banco Ativo de Germoplasma da UFAM. (A) Azul; (B) Verdadeiro; (C) Ananá; (D) Garrafa; (E) Abacaxi Roxo; (F) Abacaxi; (G) Cabeça de Onça; (H) Abacaxi Grande.

Benefícios de conservar e cultivar etnovarietades

- 🌍 Preservam a agrobiodiversidade amazônica
- 🍷 Têm sabores e qualidades diferenciadas
- 💰 Podem abrir novos mercados regionais e de exportação com identidade territorial
- 🌿 Adaptadas às condições locais e ao manejo tradicional
- 👨👩 Fortalecem a agricultura familiar e os povos tradicionais

Principais etnovarietades avaliadas no Amazonas (BAG/UFAM)

Etnovarietade	Destaque	Potencial
Garrafa	Rica em vitamina C	Saborosa e nutritiva
Abacaxi Grande	Pouco ácido (pH ~4,2)	Ideal para consumo in natura
Cabeça de Onça	Mais açúcares no centro	Excelente para doces
Turiaçu Amazonas	Boa aceitação comercial	Cultivar comercial
Outras	Diversidade de cores e formas	Produtos diferenciados

Recomendações práticas aos agricultores

- Mantenha variedades diferentes no roçado para diversificar a produção;
- Valorize o que é local: consumidores estão buscando produtos com identidade amazônica;
- Registre e compartilhe saberes sobre o cultivo das etnovarietades;
- Participe de iniciativas de Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), que ajudam na conservação e no acesso a mercados.