

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MAURÍCIO RICARDO DE MELO COGO

CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL DE *Butia exilata* Deble & Marchiori E *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE)

**São Gabriel
2022**

MAURÍCIO RICARDO DE MELO COGO

CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL DE *Butia exilata* Deble & Marchiori E *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas — PPGCB, da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Velci Queiroz de Souza

**São Gabriel
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C676c Cogo, Maurício Ricardo de Melo Cogo
CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL DE *Butia exilata* Deble &
Marchiori E *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE) /
Maurício Ricardo de Melo Cogo Cogo.
101 p.

Tese (Doutorado)-- Universidade Federal do Pampa, DOUTORADO
EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 2022.
"Orientação: Velci Queiroz de Souza".

1. Gênero *Butia* . 2. Arecaceae. 3. Dados morfométricos . 4.
Diversidade genética . 5. Caracterização populacional . I.
Título.

MAURÍCIO RICARDO DE MELO COGO**CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL DE *Butia exilata* Deble & Marchiori E *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas — PPGCB, da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas.

Tese defendida e aprovada em: 22 de agosto de 2022.

Banca examinadora:



Assinado eletronicamente por **VELCI QUEIROZ DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/08/2022, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Bruna Lucia Laindorf, Usuário Externo**, em 22/08/2022, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JAIR PUTZKE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/08/2022, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANTONIO BATISTA PEREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/08/2022, às 15:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0899690** e o código CRC **BFBE46E7**.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pois nele sempre mantive a fé para superar os obstáculos que surgiram ao longo da minha jornada.

A minha família pela torcida e apoio que sempre recebi em todos os momentos. Em especial, meus pais e irmãs, por me incentivarem nos momentos difíceis, e acreditarem em mim e nos meus sonhos.

A minha avó Dorotea Busnello, por ser a base que mantém em pé a nossa família, o seu carinho e incentivo são essenciais em minha vida.

Ao meu avô, Maurício Busnello (*in memoriam*), por fazer parte das minhas melhores lembranças que carrego hoje comigo. Minha gratidão por todo o tempo que esteve junto a nós.

Ao Prof. Dr. Velci Queiroz de Souza, meu orientador, pela confiança depositada em mim, e por todos os ensinamentos acadêmicos que me fizeram evoluir muito durante o Doutorado. És um grande profissional. Minha gratidão e admiração!

A coordenação e professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, pela competência e elevada qualidade de ensino oferecido.

Ao Instituto Federal Farroupilha, campus Alegrete, pela disponibilidade dos laboratórios para a realização das análises morfométricas.

A minha namorada Aline Mazoy Lopes, pelo apoio, carinho e companheirismo. O seu incentivo foi fundamental durante a minha jornada.

Ao meu amigo Vagner Guimarães Ramos, obrigado pela amizade e pelo apoio de sempre.

A direção, coordenação pedagógica, funcionários e colegas professores da Escola Estadual de Educação Básica Manoel Viana, pelo incentivo, compreensão e auxílio sempre quando necessitei.

Aos meus colegas do PPGCB por compartilharem comigo momentos de descobertas e aprendizado, e por todo o companheirismo construído ao longo desse percurso.

A todos os amigos que de alguma maneira contribuíram para realização deste trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

COGO, Maurício Ricardo de Melo. Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE). 98f. Tese de Doutorado – Programa de Pós – Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2022.

Butia exilata Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori são duas espécies de palmeiras pertencentes ao gênero *Butia* (Arecaceae). Os recursos botânicos provenientes de espécies do gênero *Butia* possuem importância econômica e ecológica. O mesocarpo do fruto é utilizado na gastronomia regional como alimento e produção de bebidas. As fibras das folhas servem como matéria prima na produção de artesanato, sendo uma alternativa de fonte de renda para a agricultura familiar, no desenvolvimento do artesanato cultural e na gastronomia regional. Entretanto é constatada uma carência em informações científicas que auxiliem no entendimento sobre as características populacionais de suas espécies, atributo essencial para apoiar ações de conservação, visto que, muitas espécies deste gênero estão ameaçadas de extinção, como também na utilização destas informações em programas o melhoramento genético. O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar populações de *B. exilata* e *B. lallemantii* situadas nos municípios de Sarandi, São Francisco de Assis, Manoel Viana e Alegrete, Rio Grande do sul, por meio de variáveis biométricas. As análises morfométricas foram realizadas a campo e no Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete. Os resultados são apresentados em cinco capítulos: No capítulo I foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os aspectos moleculares, caracterização botânica, distribuição geográfica, estado de conservação e possíveis medidas de conservação das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*. Foi constatada a necessidade da realização de estudos futuros sobre caracterização populacional, para auxiliar no entendimento sobre o padrão da diversidade genética, e o reconhecimento das divergências taxonômicas. No capítulo II foram realizadas análises de correlações entre características morfológicas de populações de *B. exilata* e *B. lallemantii*. Os resultados das análises auxiliaram para o entendimento sobre o polimorfismo encontrado dentro das populações de *B. exilata* e *B. lallemantii*. No capítulo III foi realizado um estudo morfométrico de dissimilaridade utilizando análise euclidiana. Dentre as variáveis analisadas, a que mais contribuiu para separar as populações foi a variável massa do pirênio, seguida da variável número de frutos por infrutescência, sucedida da variável diâmetro equatorial do fruto, massa do fruto e diâmetro longitudinal do fruto. Na análise do dendograma, representado pelo método de agrupamento (UPGMA), foi evidenciada a formação de dois grupos que separou a população 1 (*B. exilata*) das populações 2, 3 e 4 (*B. lallemantii*). No capítulo IV foi realizada uma pesquisa que buscou quantificar a diversidade genética dentro e entre populações de *B. lallemantii*, utilizando três populações: São Francisco de Assis (1), Manoel Viana (2) e Alegrete (3). Foi constatado que a massa do fruto, massa do pirênio e massa do mesocarpo foram as variáveis que mais contribuíram para diversidade genética em *B.lallemantii*, e que, a diversidade genética intrapopulacional encontrada é maior do que a diversidade genética interpopulacional. No capítulo V foi realizado um estudo sobre a diversidade genética entre genótipos de *B. exilata*. Foi constatado que todas as características morfométricas analisadas demonstraram variabilidade genética, com destaque para a massa do fruto, massa do pirênio e massa do mesocarpo.

Palavras-Chave: Gênero *Butia*; Dados Morfométricos; Diversidade Genética.

ABSTRACT

COGO, Maurício Ricardo de Melo. Population characterization of *Butia exilata* Deble & Marchiori and *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (ARECACEAE). 98f. Ph.D. Thesis – Postgraduate Program in Biological Sciences, Federal University of Pampa, São Gabriel, 2022.

Butia exilata Deble & Marchiori and *Butia lallemantii* Deble & Marchiori are two species of palm trees belonging to the genus *Butia* (Arecaceae). Botanical resources from species of the *Butia* genus have economic and ecological importance. The fruit mesocarp is used in regional gastronomy as food and beverage production. The fibers of the leaves serve as raw material in the production of handicrafts, being an alternative source of income for family farming, in the development of cultural handicrafts and in regional gastronomy. However, there is a lack of scientific information that helps in understanding the population characteristics of their species, an essential attribute to support conservation actions, since many species of this genus are threatened with extinction, as well as the use of this information in breeding programs genetic. The general objective of this work was to characterize populations of *B. exilata* and *B. lallemantii* located in the municipalities of Sarandi, São Francisco de Assis, Manoel Viana and Alegrete, RS, using biometric variables. The morphometric analyzes were carried out in the field and at the Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete. The results are presented in five chapters: In chapter I, a bibliographic review was carried out on the molecular aspects, botanical characterization, geographic distribution, conservation status and possible conservation measures of the species *B. exilata* and *B. lallemantii*. It was verified the need to carry out future studies on population characterization, to assist in the understanding of the pattern of genetic diversity, and the recognition of taxonomic divergences. In chapter II, correlation analyzes were performed between morphological characteristics of populations of *B. exilata* and *B. lallemantii*. The results of the analyzes helped to understand the polymorphism found within the populations of *B. exilata* and *B. lallemantii*. In chapter III, a morphometric dissimilarity study was carried out using Euclidean analysis. Among the variables analyzed, the one that most contributed to separating the populations was the variable mass of the pyrene, followed by the variable number of fruits per infructescence, followed by the variable equatorial fruit diameter, fruit mass and fruit longitudinal diameter. In the analysis of the dendrogram, represented by the clustering method (UPGMA), the formation of two groups was evidenced, which separated population 1 (*B. exilata*) from populations 2, 3 and 4 (*B. lallemantii*). In chapter IV, a research was carried out that sought to quantify the genetic diversity within and between populations of *B. lallemantii*, using three populations: São Francisco de Assis (1), Manoel Viana (2) and Alegrete (3). It was found that fruit mass, pyrene mass and mesocarp mass were the variables that most contributed to genetic diversity in *B. lallemantii*, and that the intrapopulation genetic diversity found is greater than the interpopulation genetic diversity. In chapter V, a study was carried out on the genetic diversity among genotypes of *B. exilata*. It was found that all morphometric characteristics analyzed showed genetic variability, with emphasis on fruit mass, pyrene mass and mesocarp mass.

Keywords: *Butia Genus*; Morphometric Data; Genetical Diversity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

- Figura 1 - A. Hábito *B. lallemantii*; B. Hábito *B. exilata*.....55
- Figura 2 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 44 matrizes e baseadas em 12 variáveis, Coeficiente de Correlação Cofenética (0,9446).....57

CAPÍTULO IV

- Figura 1 - Mapa com a localização das três populações analisadas de *B. lallemantii*.....64
- Figura 2 - A) dimensões do pirênio; B) hábito de *B. lallemantii*; C) dimensões do fruto; D) coleta dos frutos; E) determinação da massa dos frutos; F) infrutescência de *B. lallemantii*.65
- Figura 3 - Rede de correlações fenotípicas baseada nas variáveis morfométricas das três áreas analisadas de *B. lallemantii* com e sem efeitos de multicolinearidade. Área 1 (A e B) – São Francisco de Assis, RS; área 2 (C e D) – Manoel Viana, RS; e área 3 (E e F) – Alegrete, RS. A espessura da linha é proporcional intensidade de correlação.70
- Figura 4 - Dendrogramas obtidos por meio do método UPGMA baseado nas distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padroniza de 11 genótipos de *B. lallemantii* de cada população analisada. A) População 1 – São Francisco de Assis (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.8597). B) População 2 – Manoel Viana (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.7306). População 3 – Alegrete (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.9749).....71
- Figura 5 - Rede de correlações fenotípicas baseadas em dados morfométricos de três populações de *B. lallemantii* com o efeito de multicolinearidade (A), e sem o efeito de multicolinearidade (B).....74
- Figura 6 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 33 matrizes e baseadas em 12 variáveis de 3 áreas de ocorrência de *B. lallemantii* (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.9889).....75

CAPÍTULO V

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Hábito <i>B. exilata</i> | 80 |
| Figura 2 - Área de coleta dos frutos de <i>B. exilata</i> em Sarandi, RS. | 82 |
| Figura 3 - Unidades de frutos de <i>B. exilata</i> proveniente de cada uma das 16 matrizes coletadas. | 83 |
| Figura 4 - Rede de correlações fenotípicas entre variáveis morfométricas: A) Rede de correlações com os efeitos da multicolineariedade. B) Rede de correlações sem os efeitos das multicolineariedade, após a eliminação da variável MP. | 86 |
| Figura 5 - Dendograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 16 matrizes e baseadas em 6 variáveis (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.865)..... | 87 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Identificação das populações e o número de matrizes analisadas..... | 41 |
| Tabela 2 - Médias da caracterização morfológica das espécies <i>B. exilata</i> e <i>B. lallemantii</i> , realizadas entre dezembro de 2020 a maio de 2021. Populações: 1 – <i>B. exilata</i> – Sarandi, RS; 2 - <i>B. lallemantii</i> – São Francisco de Assis, RS; 3 – <i>B. lallemantii</i> – Manoel Viana; 4 – <i>B. lallemantii</i> – Alegrete..... | 42 |
| Tabela 3 - Variância da caracterização morfológica das espécies <i>B. exilata</i> e <i>B. lallemantii</i> , realizadas entre dezembro de 2020 a maio de 2021. Populações: 1 – <i>B. exilata</i> – Sarandi, RS; 2 – <i>B. lallemantii</i> – São Francisco de Assis, RS; 3 – <i>B. lallemantii</i> – Manoel Viana, RS; 4 - <i>B. lallemantii</i> – Alegrete, RS. | 43 |
| Tabela 4 - População 1: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie <i>B. exilata</i> , Sarandi, RS..... | 44 |
| Tabela 5 - População 2: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie <i>B. lallemantii</i> , São Francisco de Assis, RS..... | 45 |
| Tabela 6 - População 3: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie <i>B. lallemantii</i> , Manoel Viana, RS..... | 46 |
| Tabela 7 - População 4: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie <i>B. lallemantii</i> , Alegrete, RS..... | 47 |

Capítulo III

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Lista das 12 variáveis morfométricas analisadas. | 55 |
| Tabela 2 - Contribuição relativa dos caracteres para as divergências entre 4 populações do gênero <i>Butia</i> | 56 |
| Tabela 3 - Coeficiente de correlação cofenética, Graus de liberdade, valores de t, probabilidade, distorção (%) e estresse (%) | 57 |

Capítulo IV

- Tabela 1 – Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de três populações de *B. lallemantii*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM); genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); **Significativo em 1% por teste F.66
- Tabela 2 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a sete caracteres morfológicos de frutos de três áreas de ocorrência de *B. lallemantii*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo.....68
- Tabela 3 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados de três áreas de ocorrência de *B. lallemantii* excluindo as variáveis responsáveis pela multicolinearidade: massa do pirênio (MP) na população 1; diâmetro equatorial do fruto (DEF) na população 2; massa do pirênio (MP) e diâmetro equatorial do fruto (DEF) na população 3.69
- Tabela 4 - Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de *B. lallemantii*. Altura da planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de folíolos (NFO); número de frutos por infrutescência (NFI); massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM); genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); **Significativo em 1% por teste F.72
- Tabela 5 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a doze caracteres morfológicos de *B. lallemantii*. Altura da

| | |
|--|----|
| planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de frutos por infrutescência (NFI); massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo..... | 73 |
| Tabela 6 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados excluindo as quatro variáveis responsáveis pela multicolinearidade: altura da planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de folíolos (NFO)..... | 73 |
| Tabela 7 - Grupos de dissimilaridades formados pelo método de Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis estimada para os genótipos..... | 74 |

Capítulo V

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de <i>B. exilata</i> . Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLE); diâmetro equatorial do pirênio (DEE); massa do mesocarpo; genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); **Significativo em 1% por teste F..... | 84 |
| Tabela 2 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a sete caracteres morfológicos de frutos de <i>B. exilata</i> . Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM). Número de Condição (NC): 106.333767..... | 85 |
| Tabela 3 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados seis caracteres morfológicos de frutos de <i>B. exilata</i> excluindo a variável massa do pirênio (MP) responsável pela multicolinearidade..... | 85 |
| Tabela 4 - Grupos de dissimilaridades formados pelo método de Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis estimada para os genótipos..... | 86 |

LISTA DE ABREVEATURAS

(g) - gramas

(m) - metros

(mm) - milímetros

°C - Graus Celsius

AP - Altura da planta

B. exilata - *Butia exilata* Deble & Marchiori

B. lallemantii - *Butia lallemantii* Deble & Marchiori

Cap. - Capítulo

CCC - Coeficiente de correlação cofenética

Cfa - Clima subtropical úmido

CFA - Comprimento da folha

CFO - Comprimento do folíolo

CVe - Coeficiente de variação residual

CVg - Coeficiente de variação genética

DEF - Diâmetro equatorial do fruto

DEP - Diâmetro equatorial do pirênio

DLF - Diâmetro longitudinal do fruto

DLP - Diâmetro longitudinal do pirênio

Ed. - Edição

FZB - Fundação Zoobotânica do RS

FZVA - Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia

GMS - Genótipo quadrado médio

H²mp - Herdabilidade da média de procedências

Impr. - Impresso

MF - Massa do fruto

MM - Massa do mesocarpo

MP - Massa do pirênio

NC - Número de Condição

NFI - Número de frutos por infrutescência

NFO - Número de folíolos

p. - Página

pb - Pares de bases

Pop. - População

RMS - Resíduo quadrado médio

VIF - Fatores de inflação da variância

Vol. - Volume

VP - Estimativas de valores próprios

LISTA DE SIGLAS

AFLP - Amplified Fragment Length Polymorphism
AMOVA - Analysis of Molecular Variance
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais
ISSR - Inter Simple Sequence Repeat
IUCN - União Internacional para Conservação da Natureza
MERCOSUL - Mercado Comum do Sul
PDF - Portable Document Format
PPGCB – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas
RAPD - Randomly amplified polymorphic DNA
RS – Rio Grande do Sul
SEDUC - Secretaria da Educação
SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
SSR - Simple Sequence Repeats
UFPEL - Universidade Federal de Pelotas
UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa
UPGMA - Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO | 6 |
| SUMÁRIO | 16 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 20 |
| 2. OBJETIVOS..... | 22 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 22 |
| 2.2 Objetivos específicos | 22 |
| 3. CAPÍTULOS | 23 |
| 3.1 CAPÍTULO I: O gênero <i>Butia</i> (Arecaceae) com ênfase nas espécies <i>Butia exilata</i> e <i>Butia lallemantii</i>: uma revisão | 24 |
| Resumo | 25 |
| 3.1.1 Introdução | 27 |
| 3.1.2 Metodologia | 29 |
| 3.1.3 Resultados e Discussão | 30 |
| 3.1.3.1 Caracterização botânica e distribuição geográfica de <i>Butia exilata</i> e <i>Butia lallemantii</i> | 30 |
| 3.1.3.2 Estado atual e medidas de conservação para as duas espécies | 31 |
| 3.1.3.3 Análises genômica do gênero <i>Butia</i> | 32 |
| 3.1.4 Considerações Finais | 33 |
| 3.1.5 Referências..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 CAPÍTULO II: Caracterização populacional de <i>Butia exilata</i> Deble & Marchiori e <i>Butia lallemantii</i> Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando dados morfométricos | 38 |
| Resumo | 39 |
| 3.2.1 Introdução | 40 |
| 3.2.2 Materiais e Métodos..... | 41 |
| 3.2.3 Resultados | 42 |
| 3.2.4 Discussões..... | 47 |
| 3.2.4.1 Médias das características morfológicas..... | 47 |
| 3.2.4.2 Variâncias das características morfológicas | 48 |
| 3.2.4.3 Correlação entre as características morfológicas | 48 |
| 3.2.5 Considerações Finais | 49 |
| 3.5.6 Referências..... | 49 |
| 3.3 CAPÍTULO III: Dissimilaridade entre variáveis morfométricas de <i>Butia lallemantii</i> Deble & Marchiori e <i>Butia exilata</i> Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando análise euclidiana | 51 |
| Resumo | 52 |
| 3.3.1 Introdução | 53 |
| 3.3.2 Metodologia | 54 |
| 3.3.2.1 Área de estudo e espécies avaliadas..... | 54 |
| 3.3.2.3 Análise estatística..... | 56 |
| 3.3.3 Resultados e Discussão | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.4 Considerações Finais | 57 |
| 3.3.5 Referências..... | 58 |
| 3.4 CAPÍTULO IV: Diversidade genética de <i>Butia lallemantii</i> Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa | 60 |
| Resumo | 61 |
| 3.4.1 Introdução | 62 |
| 3.4.2 Metodologia | 63 |
| 3.4.3 Resultados e Discussão | 66 |
| 3.4.4 Considerações Finais | 75 |
| Referências..... | 75 |
| 3.5 CAPÍTULO IV: Diversidade genéticas de <i>Butia exilata</i> Deble & Marchiori (Arecaceae) considerando as variáveis morfométricas dos frutos | 78 |
| Resumo | 79 |
| 3.5.1 Introdução | 80 |
| 3.5.2 Materiais e métodos | 81 |
| 3.5.3 Resultados e Discussão | 84 |
| 3.5.4 Considerações finais | 87 |
| 3.5.6 Referências..... | 87 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 89 |
| 5. REFERÊNCIAS..... | 90 |

6. VITAE.....99

1 INTRODUÇÃO GERAL

A família Arecaceae, comumente chamadas de “família das palmeiras”, é composta de cerca de 2600 espécies e 188 gêneros de plantas monocotiledôneas, que crescem preferencialmente em regiões tropicais e subtropicais em todo o planeta (BAKER & DRANSFIELD, 2016; FRAGA et al. 2020). Teve o seu auge na disseminação e desenvolvimento no Período Geológico Terciário (SOARES et al. 2014). Segundo Moore e Uhl (1982), as palmeiras podem ser oriundas do oeste da Gondwana, onde hoje é localizada a América do Sul, sendo assim em condições atuais, as palmeiras mais primitivas conhecidas, são nativas da América do Sul. Atualmente, as palmeiras são consideradas um grupo modelo para pesquisas em florestas tropicais, pois a sua biologia sistemática é provavelmente mais conhecida do que a de qualquer outra família de plantas tropicais (BAKER & DRANSFIELD, 2016).

Butia (Becc.) Becc. (Arecaceae) é um gênero encontrado na América do Sul. Este inclui atualmente 21 espécies (ELLERT-PEREIRA, 2019), sendo elas: *B. archeri* Glassman, *B. arenicola* (Barb. Rodr.) Burret, *B. campicola* (Barb.Rodr.) Noblick, *B. capitata* (Mart.) Becc., *B. catarinensis* Noblick & Lorenzi, *B. eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc., *B. exilata* Deble & Marchiori, *B. exospadix* Noblick, *B. lallemantii* Deble & Marchiori, *B. lepidotispatha* Noblick & Lorenzi, *B. leptospatha* (Burret) Lorenzi, *B. marmorii* Noblick, *B. matogrossensis* Noblick & Lorenzi, *B. microspadix* Burret, *B. odorata* (Barb.Rodr.) Noblick, *B. paraguayensis* (Barb.Rodr.) Bailey, *B. poni* (Hauman) Burret, *B. pubispatha* Noblick & Lorenzi, *B. purpurascens* Glassman, *B. witeckii* K.Souares & S.Longhi e *B. yatay* (Mart.) Becc. (HEIDEN et al., 2019).

B. lallemantii e *B. exilata*, são as únicas espécies deste gênero que possuem o hábito cespitoso. Além disso, são classificadas respectivamente como “em perigo de extinção” e “criticamente em perigo” de acordo com a lista de táxons ameaçados de extinção da flora nativa do estado do Rio Grande do Sul (Fundação Zoobotânica do RS, 2014). *B. lallemantii* é encontrada nos campos arenosos do oeste e do sudoeste gaúcho, e no nordeste do Uruguai (DEBLE, et al., 2011; ELLERT-PEREIRA, et al., 2015). Segundo Noblick (2014), a espécie se diferencia por ter Bráctea peduncular glabra e endocarpo alongado, turbinada ou elipsoide medindo entre 2,0cm a 3,3cm de comprimento por 0,9cm a 2,0cm de largura. *B. exilata* é

encontrada na região norte do Rio Grande do Sul, (DEBLE, et al., 2011). Para Noblick (2014), a bráctea peduncular coberta por um indumento esbranquiçado a marrom-avermelhado e o endocarpo oval medindo de 1cm a 2,2cm por 0,7cm a 1,5cm, são os principais caracteres que diferenciam *B. exilata* das demais espécies do gênero.

Apesar de existirem estudos relacionados às áreas de ocorrência, distribuição geográfica, diversidade de espécies, estado de conservação, conhecimentos etnobotânicos e caracterização molecular (BÜTTOW, 2008; HEIDEN, 2010; DEBLE et al. 2011; SOARES, 2013; ALVES & MARCHIORI, 2014; FARACO & BARBIERI, 2019; ELLERT-PEREIRA, 2019), ainda existem várias lacunas do conhecimento científico a serem elucidadas, dentre elas, a dificuldade na delimitação taxonômica do gênero *Butia*, uma vez que as espécies são polimórficas e entre elas ocorrem muitas formas intermediárias (SOARES, 2013). Para Buttow (2010), os trabalhos de caracterização morfológica e molecular, são imprescindíveis, considerando o estado atual de degradação de grande parte dos palmares. Além disso, os estudos de caracterização populacional são importantes no apoio de ações de conservação *in situ*, e no desenvolvimento de medidas de conservação *ex situ*, para espécies vulneráveis.

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta no seu capítulo I uma revisão bibliográfica sobre os aspectos moleculares, caracterização botânica, distribuição geográfica, estado de conservação e possíveis medidas de conservação das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, destacando proposições para trabalhos futuros. No capítulo II é apresentado um estudo de caracterização morfológica para as duas espécies, utilizando valores de média, variância e correlações. No capítulo III apresenta-se um estudo morfométrico de dissimilaridade utilizando análise euclidiana para duas espécies do gênero *Butia* (Arecaceae). A análise possibilitou a identificação das variáveis responsáveis pela separação das populações avaliadas. No capítulo IV foi realizado um estudo sobre a diversidade genética intrapopulacional e interpopulacional de *B. lallemantii*. No capítulo V foi realizada uma análise sobre a diversidade genética de *B. exilata* com base em dados morfométricos dos frutos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Caracterizar populações de *B. exilata* e *B. lallemantii*, com ocorrência no bioma Pampa e Mata Atlântica do Rio Grande do Sul, por meio de variáveis biométricas.

2.2 Objetivos específicos

- Reunir o conhecimento científico produzido acerca das espécies, através de uma revisão bibliográfica;
- Determinar e correlacionar características morfométricas das espécies *B. exilata* e *Butia lallemantii*;
- Identificar variáveis morfométricas que contribuam para a dissimilaridade entre as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii* utilizando análise euclidiana;
- Caracterizar a diversidade genética das populações de *B. exilata* e *B. lallemantii* por meio da análise de dados biométricos.

3. CAPÍTULOS

3.1 O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão

Publicado em dezembro, 2020.

Revista: Research, Society and Development.

3.2 Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando dados morfométricos

Publicado em Junho, 2022.

Revista: Research, Society and Development.

3.3 Dissimilaridade entre variáveis morfométricas de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando análise euclidiana

Publicado em agosto, 2022.

Revista: Research, Society and Development.

3.4 Diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa

Publicado em agosto, 2022.

Revista: Research, Society and Development.

3.5 Diversidade genética de *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae)

considerando as variáveis morfométricas dos frutos

O artigo ainda não foi publicado.

3.1 CAPÍTULO I: O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Research, Society and Development.

**O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*:
uma revisão**

The genus *Butia* (Arecaceae) with emphasis on the species *Butia exilata* and *Butia lallemantii*: a review

**El género *Butia* (Arecaceae) con énfasis en las especies *Butia exilata* y *Butia lallemantii*:
una revisión**

Recebido: 27/11/2020 | Revisado: 05/12/2020 | Aceito: 09/12/2020 | Publicado: 13/12/2020

Maurício Ricardo de Melo Cogo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7212>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: mauriciocogo.aluno@unipampa.edu.br

Thaís Moreira Osório

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3172-2412>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: thaisosorio.aluno@unipampa.edu.br

Natanael Lemos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9791-7346>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: natanaelsantos.aluno@unipampa.edu.br

Adrieli Bacega

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5517-007X>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: andrielibacega.aluno@unipampa.edu.br

Velci Queiroz de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6890-6015>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: velcisouza@unipampa.edu.br

Resumo

A família Arecaceae é considerada a terceira maior família botânica, apresentando distribuição predominantemente pantropical. Dentre seus gêneros destaca-se o gênero *Butia* que se diferencia dos demais por apresentar disposição ascendente dos folíolos conduplicados e a

presença de poros no endocarpo. O gênero *Butia* apresenta potencialidades na produção de palmitos, óleos, amido, ceras, fibras e na alimentação. No entanto, existe pouca informação científica que possa contribuir para que as espécies desse gênero sejam utilizadas como um recurso genético na expansão da agricultura familiar, na diversificação do agronegócio, no desenvolvimento do artesanato cultural e na gastronomia regional. Além disso, muitas espécies desse gênero estão ameaçadas de extinção e estudos sobre o seu estado atual e medidas de conservação são de grande importância. O trabalho demonstra que a relação evolutiva dentro do gênero *Butia* não está bem resolvida e há divergências entre autores quanto a variabilidade genética dentro e entre populações. A restrita distribuição geográfica e as divergências nas informações científicas sobre o gênero *Butia* representam condições preponderantes para a busca do entendimento em trabalhos futuros sobre a caracterização ecológica, genômica e medidas de conservação das espécies *Butia exilata* e *Butia lallemanti*, as únicas palmeiras com o hábito cespitoso pertencentes ao gênero *Butia*.

Palavras-chave: Palmeiras; Estudos genéticos; Caracterização Botânica; Distribuição Geográfica; Medidas de Conservação.

Abstract

The Arecaceae family is considered the third largest botanical family, with a predominantly pantropical distribution. Among its genera, the *Butia* genus stands out, which differs from the others in that it presents an upward disposition of conduplicated leaflets and the presence of pores in the endocarp. The *Butia* genus has potential in the production of hearts of palm, oils, starch, waxes, fibers and in food. However, there is little scientific information that can contribute to the species of this genus being used as a genetic resource in the expansion of family farming, in the diversification of agribusiness, in the development of cultural handicrafts and in regional cuisine. In addition, many species of this genus are threatened with extinction and studies on their current state and conservation measures are of great importance. The work demonstrates that the evolutionary relationship within the genus *Butia* is not well resolved and there are divergences between authors regarding genetic variability within and between populations. The restricted geographical distribution and the divergences in scientific information on the genus *Butia* represent preponderant conditions for the search for understanding in future works on the ecological characterization, genomics and conservation measures of the species *Butia exilata* and *Butia lallemanti*, the only palm trees with the cespitoso habit belonging to the genus *Butia*.

Keywords: Palms; Genetic Studies; Botanical Characterization; Geographic Distribution; Conservation Measures.

Resumen

La familia Arecaceae se considera la tercera familia botánica más grande, con una distribución predominantemente pantropical. Entre sus géneros destaca el género *Butia*, que se diferencia de los demás en que presenta una disposición ascendente de folíolos conduplicados y la presencia de poros en el endocarpio. El género *Butia* tiene potencial en la producción de palmito, aceites, almidón, ceras, fibras y en alimentos. Sin embargo, existe poca información científica que pueda contribuir a que las especies de este género sean utilizadas como recurso genético en la expansión de la agricultura familiar, en la diversificación de la agroindustria, en el desarrollo de artesanías culturales y en la cocina regional. Además, muchas especies de este género se encuentran en peligro de extinción y los estudios sobre su estado actual y las medidas de conservación son de gran importancia. El trabajo demuestra que la relación evolutiva dentro del género *Butia* no está bien resuelta y existen divergencias entre autores con respecto a la variabilidad genética dentro y entre poblaciones. La distribución geográfica restringida y las divergencias en la información científica sobre el género *Butia* representan condiciones preponderantes para la búsqueda de entendimiento en futuros trabajos sobre la caracterización ecológica, genómica y medidas de conservación de las especies *Butia exilata* y *Butia lallemanti*, únicas palmeras con hábito cespitoso. perteneciente al género *Butia*.

Palabras clave: Palmeiras; Estudos Genéticos; Caracterización Botánica; Distribución Geográfica; Medidas de Conservación.

3.1.1 Introdução

A família das palmeiras, Arecaceae, é um grupo botânico complexo, encontrada em todos os trópicos e subtropicais do mundo com 2.522 espécies e 252 gêneros, formando um dos principais troncos evolutivos das monocotiledôneas, (Dransfield, et al., 2008). Seus indivíduos distribuem-se desde a latitude 44° norte, no sul da França, como é o caso da espécie *Chamaerops humilis*, até a latitude 44° sul, na Nova Zelândia, onde é encontrada a espécie *Rhopalostylis sapida*, porém é nas regiões tropicais do planeta que são encontradas a maioria de espécies nativas de palmeiras (Fior, 2011).

No Brasil são encontradas 296 espécies classificadas em 37 gêneros (Leitman et al., 2015). No Rio Grande do Sul, segundo Soares et al. (2013), foram reconhecidas 15 espécies

nativas da família Arecaceae (*Bactris setosa*, *Butia catarinensis*, *B. eriospatha*, *B. exilata*, *B. lallemantii*, *B. odorata*, *B. paraguayensis*, *B. witeckii*, *B. yatay*, *Euterpe edulis*, *Geonoma gamiova*, *G. schottiana*, *Syagrus romanzoffiana*, *Trithrinax acanthocoma* e *T. brasiliensis*), distribuídas em 6 gêneros (*Bactris*, *Butia*, *Euterpe*, *Geonoma*, *Syagrus* e *Trithrinax*). Os gêneros *Butia*, *Euterpe* e *Syagrus* são descritos com os mais representativos, devido sua importância econômica e distribuição geográfica (Rossato, 2007).

O gênero *Butia*, denominação proveniente da terminação indígena *mbo-tia*, que significa dente curvo, em referência aos espinhos do pecíolo (Rambo, 2000), é pertencente à subfamília Arecoideae, tribo Coccoideae, subtribo Butiinae (Fior, 2011), e diferencia-se dos demais por apresentar disposição ascendente dos folíolos conduplicados e a presença de poros no endocarpo (Marcato, 2004).

O gênero *Butia* está representado por vinte espécies de palmeiras que ocorrem naturalmente na América do Sul. No Brasil são encontradas dezenove espécies distribuídas nas regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. No Paraguai são encontradas oito espécies na região leste, na Argentina duas espécies na região nordeste e no Uruguai são encontradas quatro espécies na região norte e nordeste (Eslabão et al., 2017).

No estado do Rio Grande do Sul são encontradas oito espécies do gênero *Butia*, sendo elas: *Butia. exilata* Deble & Marchiori; *B. lallemantii* Deble & Marchiori; *B. catarinensis* Noblick & Lorenzi; *B. eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc.; *B. odorata* (Barb. Rodr.) Noblick; *B. paraguayensis* (Barb. Rodr.) Bailey; *B. witeckii* K. Soares & S. Longhi e *B. yatay* (Mart.) Becc. (Ellert-Pereira et al., 2015).

Os butiazais, encontrados no Uruguai e Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul, evidenciam uma associação exclusiva no mundo pela característica da dimensão e densidade, desenvolvendo-se em solos planos e inundáveis em períodos chuvosos (Cardoso, 1995; Fior, 2011). Estudos arqueológicos realizados demonstram que caroços de frutos de butiazeiros foram encontrados em urnas funerárias indígenas com cerca de 2000 mil anos no Rio Grande do Sul, e com 2500 anos no Uruguai (Cardoso, 1995). O mesmo autor descreve que até a metade do século passado havia uma importante diversidade no uso e um grande interesse na utilização de palmeiras, e que até o final do século passado os frutos eram muito apreciados para o consumo *in natura*, na produção de licor, na alimentação de porcos, os grãos moídos e torrados eram usados em substituição do café, as folhas era trituradas e as fibras eram utilizadas para preencher colchões, estofados, fazer tapetes, fabricar alpargatas, produzir forragem para o gado no inverno e as sementes na extração de óleos de alta caloria. Cardoso (1995) destaca que

mesmo com uma vasta utilização tradicional, experiências com fins produtivos até o momento não eram realizadas.

Atualmente os frutos são utilizados para consumo, processado ou *in natura* e a planta é ornamental (Büttow, 2010). Schwartz, (2008) destaca o valor deste gênero na produção de palmitos, óleos, amido, ceras, fibras e na alimentação, sendo desta forma, um recurso genético potencial na expansão da agricultura familiar, na diversificação do agronegócio, no desenvolvimento do artesanato cultural e na gastronomia regional. Para Stringari (2016), as fibras de Butiá-anão têm potencialidades técnicas para utilização como reforço de compósitos poliméricos o que demonstra a importância dessas espécies para indústria. Porém, o desconhecimento sobre as espécies do gênero é um empecilho para a conservação e uso sustentável desses recursos genéticos.

Para Büttow et al. (2010) são poucas as informações científicas a respeito destas plantas que possam colaborar para sua utilização em programas de conservação e melhoramento. Por isso, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos moleculares, caracterização botânica, distribuição geográfica, estado de conservação e possíveis medidas de conservação das espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii* (ambas *Arecaceae*), sendo estas as únicas descritas como palmeiras com o hábito cespitoso pertencentes ao gênero *Butia*.

3.1.2 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa. Em pesquisas qualitativas destaca-se a importância da interpretação e das opiniões relatadas pelo pesquisador sobre o objeto de estudo (Pereira et al., 2018). Para Silva et al. (2020) uma pesquisa qualitativa possibilita a integração de várias obras e pesquisadores, proporcionando uma fundamentação teórica sobre o objeto de estudo.

Foram realizadas buscas nos idiomas inglês e português, abrangendo publicações de 1995 a 2020. Para elaboração do trabalho foram analisadas teses, dissertações, artigos, resumos e livros que abordassem o tema distribuição geográfica, caracterização botânica, e estudos de conservação das espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*. Também foi realizado um levantamento sobre os estudos genômicos desenvolvidos com espécies pertencentes ao gênero *Butia*.

3.1.3 Resultados e Discussão

3.1.3.1 Caracterização botânica e distribuição geográfica de *Butia exilata* e *Butia lallemantii*

Butia exilata é uma palmeira encontrada nos municípios de Ronda Alta e Rondinha (Ellert-Pereira et al. 2015). A etimologia de sua nomenclatura tem origem do Latim e refere-se ao isolamento geográfico das populações (Deble et al., 2011). Conforme descreve Soares (2013) a espécie cresce em colônias hemisféricas com até 12 estipes. Se caracteriza pela formação cespitosa, com estipe subterrâneo curto, eventualmente medindo até 1,5 m de comprimento. As folhas são arqueadas, em número de 4 a 13 por estipe, medindo de 80 a 160 cm de comprimento e organizam-se em espiral ao redor do estipe. A bainha mede de 20 a 35 cm de comprimento por 5 a 10 cm de largura. O pseudopecíolo mede de 30 a 52 cm de comprimento por 1,2 a 2 cm de largura, possui margens denteadas e fibras achatadas. A raque mede de 45 a 135 cm de comprimento. As pinas verdes azuladas, são um pouco discoloradas, apresentam distribuição uniforme ao longo da raque e são inseridas em um mesmo plano, disposta em “V”, em número de 25 a 44 de cada lado. As pinas da parte mediana da raque medem de 30 a 55 cm de comprimento por 0,8 a 1,5 cm de largura. Apresenta inflorescência ramificada interfoliar com pedúnculo medindo entre 19 a 42 cm de comprimento. O perfilo mede de 19 a 40 cm de comprimento. A bráctea é pendular lenhosa, coberta na parte exterior por indumento esbranquiçado ou marrom-avermelhado e mede 50 a 90 cm de comprimento. A raque da inflorescência mede de 25 a 45 cm de comprimento. As ráquulas em número de 25 a 45 medem entre 9 a 25 cm de comprimento. As flores são amarelas ou arroxeadas com estames medindo entre 10 a 12 mm e pistilos medindo entre 12 a 16 mm de comprimento. Os frutos são alongados, com forma de cone, amarelos, verde-amarelados ou arroxeados quando maduros, medindo entre 3 a 4 cm de comprimento e 1,6 a 2 cm de largura. O mesocarpo é suculento, fibroso. O endocarpo oval é ósseo, medindo entre 1,2 a 2,2 cm de comprimento e 0,7 a 1,5 cm de largura, possuindo de 1 a 3 sementes. O endosperma é homogêneo.

Butia lallemantii, conhecido como butiá-anão, é uma palmeira encontrada em formações campestres do Pampa, em terrenos arenosos ou rochosos, no Rio Grande do Sul é encontrado nas cidades de Alegrete, Manoel Viana e São Francisco de Assis, e no norte do Uruguai (Heiden, 2010). Segundo Deble & Marchiori (2006), os primeiros relatos dessa espécie devem-se a Robert Avé-Lallemat, médico alemão que excursionou pelo Rio Grande do Sul em meados do século XIX, o que motivou a denominação da nova espécie de Arecaceae de *Butia lallemantii* em homenagem a esse naturalista. Conforme descreve Soares (2013) a espécie

geralmente é cespitosa, crescendo em colônias hemisféricas com até 12 estipes muito curtos e subterrâneo, medindo até 1m de comprimento, 25 cm de diâmetro e a altura da planta não ultrapassa 1,3 m de comprimento. As folhas são pinadas, em número 5 a 12 e medindo de 60 a 160 cm de comprimento, sendo disposta em espiral ao redor do estipe. A bainha mede de 4 a 21cm de comprimento e de 8 a 12 cm de largura. O pseudopecíolo mede de 20 a 40 cm comprimento e possui margens denteadas e fibras achatadas. A raque mede de 40 a 150 cm de comprimento e possui pinas verde-azuladas, distribuídas uniformemente ao longo da raque em forma de “V”. A inflorescência é ramificada interfoliar. O pedúnculo mede de 14 a 40 cm de comprimento. O profilo mede de 10 a 24 cm de comprimento. A bráctea peduncular lenhosa, glabra ou pruinosa, mede de 20 a 52 cm de comprimento e a parte expandida mede de 26 a 36 cm de comprimento por 3 a 8 cm de largura. A raque da inflorescência mede de 25 a 36 cm de comprimento. As ráquias em número de 10 a 38, medem de 6 a 33 cm de comprimento. As flores são amareladas ou arroxeadas, as estaminadas medem 10 mm de comprimento e as pistiladas medem de 11 a 15 mm de comprimento. Os frutos são alongados, ovoides ou com forma de cone, amarelo, alaranjado ou vermelho quando maduro, medindo de 2,5 a 3,5 cm de comprimento. O mesocarpo é suculento, carnosos, de sabor doce-acidulado. O endocarpo é ósseo, alongado, turbinado ou elipsoide, medindo de 2 a 3 cm de comprimento e de 0,9 a 2,0 cm de largura, possuindo de 1 a 3 sementes alongadas. O endosperma é homogêneo.

3.1.3.2 Estado atual e medidas de conservação para as duas espécies

De acordo com a lista de táxons ameaçados de extinção da flora nativa do estado do Rio Grande do Sul (Fundação Zoobotânica do RS, 2014), as espécies *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae), são classificadas respectivamente como “criticamente em perigo” e “em perigo de extinção”. No entanto, essas espécies ainda não foram avaliadas por meio dos parâmetros exigidos pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) que preconiza cinco critérios avaliativos para que um determinado táxon seja inserido na lista vermelha mundial na categoria ameaçada (criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável), sendo eles: redução da população na última década, alcance geográfico pela área de ocupação, número de indivíduos maduros, população muito pequena ou restrita e análise quantitativa.

Para que a avaliação *in situ* seja realizada é necessário uso do sensoriamento remoto por satélite multitemporal, visando compreender as relações entre padrões espaciais de mudança de cobertura da terra, processos ecológicos e biofísicos, principalmente em uma abordagem de

conservação e nos estudos de ecologia da paisagem (Mairota et al., 2015). Já os modelos de distribuição de espécies se tornaram nos últimos anos uma das ferramentas mais utilizadas em macroecologia (Fourcade et al., 2018), seu princípio é correlacionar ocorrências de espécies e extratos ambientais para construir inferências estatísticas sobre os processos que impulsionam os nichos das espécies, e eventualmente derivar mapas de adequação (Elith & Leathwick, 2009). No entanto, uma importante ferramenta para a ecologia e a evolução é a utilização dos estudos fenológicos, os quais levam em consideração os traços mais importantes em relação ao crescimento das plantas, desenvolvimento e sistema de polinização (Ramanaiah et al., 2018). Ambas abordagens são pertinentes na avaliação para lista vermelha da IUNC e essenciais para o cumprimento de metas que fornecerão indicativos mais atualizados sobre a saúde da biodiversidade mundial.

Dentre as principais estratégias de conservação destaca-se a conservação *in situ*, que permite a continuidade dos processos evolutivos que resultam na diversidade genética e na adaptação das espécies em seu habitat natural. Segundo Kageyama e Gandara (1998) na análise da estrutura populacional julga-se fundamental a união dos conceitos da ecologia e da genética populacional, de forma a orientar as ações a serem efetuadas e definir os parâmetros adequados para o monitoramento das mesmas. Entretanto, o uso da conservação *ex situ*, ou seja, a conservação de componentes biológicos fora de seus habitats naturais, pode ser adotada principalmente a fim de complementar medidas de conservação *in situ*.

3.1.3.3 Análises genômica do gênero *Butia*

Os estudos realizados a nível genômico são de grande importância para o estabelecimento de programas de manejo e conservação de espécies que estão sob pressão antrópica, com grande potencial econômico, ecológico ou para resolução de problemas taxionômicos (Gavião et al., 2007; Gaiero et al., 2011). Büttow (2008) ressalta a aplicação crescente de marcadores moleculares para análises genéticas em plantas.

Estudos sobre diversidade genética do gênero *Butia* encontradas no Uruguai, foram realizados por meio de marcadores ISSR, utilizando quatro populações de *B. lallemantii*, três populações de *B. Yatay* e uma população de *B. paraguayensis*, utilizando também como grupo externo o *Syagrus romanzoffiana*. Foram encontrados 5 *primers* com perfil de amplificação, os quais demonstraram por meio de análises de distância genética uma baixa variabilidade entre as espécies de *Butia* e uma alta variabilidade entre as populações (Gaiero et al., 2011).

Para Gaiero et al. (2011) a alta variabilidade genética encontrada entre as populações é possivelmente devido ao fluxo gênico, hibridação passada ou características da história de vida e que os resultados alcançados não permitem sugerir alterações no *status* taxionômico atual.

No entanto, para Büttow (2008), a utilização de marcadores AFPL, em plantas nativas não cultivadas, por não necessitar de conhecimento prévio sobre a espécie e ter alta capacidade de apontar os poliformismos são mais adequados. O mesmo autor analisou a caracterização de oito populações de *Butia capitata* de ocorrência no estado do Rio Grande do Sul e por meio dos dados obtidos com quatro combinações de *primers* foram registrados 199 lócos polifórmicos, que por meio da análise de variância molecular (AMOVA), evidenciaram uma variabilidade genética de 83,68% entre populações e 13,67 entre populações de uma mesma região.

Contudo, conforme (Gavião, et al., 2007) o uso de marcadores moleculares como RAPD, possibilita análises de variabilidade genética com rapidez e simplicidade em táxons com restritas informações genéticas prévias. Realizando uma análise genética em populações de *Butia eriospatha* utilizando marcadores moleculares RAPD de 3 populações distantes 50km, Gavião, et al. (2007) revelou a formação de dois grupos distintos e evidenciou que aproximadamente 90% da variabilidade genética está dentro das populações e cerca de 10% entre as populações. Apesar disso, Mistura (2013) com o objetivo de analisar a estrutura genética de uma população de *Butia odorata* utilizando 20 *primers* SSR heterólogos, constatou uma grande variabilidade genética, sendo maior entre indivíduos da mesma área do que entre indivíduos de áreas distintas e a heterozigosidade foi baixa o que indica processos endogâmicos.

Magnabosco et al. (2020) realizaram a caracterização e sequenciamento do genoma do plastídio de *Butia eriospatha*, que apresentou 154.048 pb de comprimento, com a estrutura quadripartida típica. Os mesmos autores destacam que a relação evolutiva dentro do gênero *Butia* ainda não está bem resolvida e que a sequência do plastídio de *Butia eriospatha* pode ser usada em estudos futuros de genética populacional e filogenética.

3.1.4 Considerações Finais

O desenvolvimento de estudos sobre a caracterização populacional e medidas de conservação para *B. exilata* e *B. lallemantii* tornam-se indispensáveis devido ao reconhecimento da alta vulnerabilidade à extinção e a redução de seus habitats naturais, além disso, já há um reconhecimento do potencial dessas espécies na diversidade do agronegócio e no fornecimento de matéria-prima para indústria. No entanto, devem ser desenvolvidos trabalhos por meio de uma abordagem integrada para a proposição de métodos de conservação

in situ e *ex situ* para as duas espécies, buscando realizar uma análise detalhada sobre as reais condições em que as populações estão inseridas e a melhor forma de contribuição para sua sobrevivência.

A avaliação dos diversos marcadores moleculares já utilizados em espécies do gênero *Butia* permite identificar que há divergências entre autores quanto a variabilidade genética dentro e entre populações, evidenciando a necessidade de aprofundar estudos genômicos para o gênero *Butia*.

A reavaliação do estado de conservação seguindo os critérios da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2001) não servirá somente para categorizar as espécies, mas também para auxiliar no desenvolvimento de políticas e legislações para a gestão de recursos naturais. Já o desenvolvimento de ações de conservação *ex situ* para *B. exilata* e *B. lallemantii* possibilitarão a conservação do germoplasma de populações dessas espécies.

Estudos futuros, por meio de análise genômica e morfológica, utilizando as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, poderão auxiliar na elucidação sobre a origem da característica cespitosa, presente somente nas duas espécies no gênero *Butia* e sobre as divergências encontradas em relação ao padrão da diversidade genética. Além disso, o estabelecimento de métodos de conservação *ex situ*, poderão serem utilizados futuramente em programas de recuperação e restauração, já que as duas espécies estão em risco de extinção.

3.1.5 Referências

Büttow, M. V., Castro, C. M., Schwartz, E., Tonietto, A., & Barbieri, R. L. (2010). Caracterização molecular de populações de *Butia capitata* (Arecaceae) do Sul do Brasil através de marcadores AFLP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 230-239.

Büttow, M. V. (2008). *Etnobotânica e caracterização molecular de Butia sp.* Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Fitomelhoramento. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel / UFPel.

Cardoso, M. C. (1995). El palmar, la palma y el butiá. Montevideo: Productora Editorial, 23p. (Fichas didácticas n. 4.)

Deble, L. P., Marchiori, J. N. C., Alves, F. D. S., & Oliveira-Deble, A. D. (2011). Survey on *Butia* (Becc.) Becc.(Arecaceae) from Rio Grande do Sul state (Brazil). *Balduinia*, 30, 03-24.

Deble, L. P., & Marchiori, J. N. C. (2006). *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. *Balduinia*, vol. 9.

Dransfield, J., Uhl, N. W., Lange, C. B. A., Baker, W. J., Harley, M. M., & Lewis, C. E. (2008). *Genera Palmarum: the evolution and classification of palms*. Kew Publishing.

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697.

Ellert-Pereira, P. E., Eslabão, M. P., Barbieri, R., & Heiden, G. (2015). Avaliação da conservação *in situ* de *butia* (Arecaceae) no Rio Grande do Sul. *Embrapa Clima Temperado*.

Eslabão, M., Pereira, P., Barbieri, R., & Heiden, G. (2017). Mapeamento da distribuição geográfica de butiá como subsídio para a conservação de recursos genéticos. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Clima Temperado*.

Fior, C. S. (2011). Propagação de *Butia odotara* (Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi. 202f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Fourcade, Y., Besnard, A. G., Secondi, J. (2018). Paintings predict the distribution of species, or the challenge of selecting environmental predictors and evaluation statistics. *Global Ecology and Biogeography*, 27(2), 245-256.

Fundação zoobotânica rs. (2014). *Lista da Flora Gaúcha Ameaçada de Extinção*. Recuperado de http://www.mcn.fzb.rs.gov.br/upload/20141208161010anexo_i_taxons_da_flora_nativa_d_o_estado_rio_grande_do_sul_ameacadas_de_extincao_1_.pdf

Gaiero, P., Mazzella, C., Agostini, G., Bertolazzi, S., & Rossato, M. (2011) Genetic diversity among endangered Uruguayan populations of *Butia* Becc. species based on ISSR. *Plant Systematics and Evolution*, 292, 105–116.

Gavião, C. F. C., Sujii, P. S., Inglis, P. W., & Ciampi, A. Y. C. (2007). Análise genética em populações de *Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc utilizando marcadores moleculares RAPD. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Heiden, G. (2010). Diversidade e distribuição geográfica de *Butia* (Arecaceae). V *Simpósio do Morango. IV. Encontro sobre Pequenas frutas e Frutas nativas do MERCOSUL*, Pelotas, Brasil.

IUCN. (2001). *IUCN Red list categories and criteria: version 3.1*. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland and Cambridge.

Kageyama, P. Y., Gandara, F. B., & Souza, L. D. (1998). Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 12(32), 65-70.

Leitman, P., Soares, K., Henderson, A., Noblick, L., & Martins, R. C. (2015). Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Magnabosco, J. W. S. Fraga, H. P. F., Silva, R. S., Rogalski, M., Souza, E. M., Guerra, M. P., Vieira, L. N. (2020). Characterization of the complete plastid genome of *Butia eriospatha* (Arecaceae). *Genetics and Molecular Biology*. Ribeirão Preto, 43, (4).

Mairota, P., Cafarelli, B., Didham, R. K., Lovergine, F. P., Lucas, R. M., Nagendra, H. (2015) Challenges and opportunities in harnessing satellite remote-sensing for *Ecological informatics*, 30, 207-214.

Marcato, A. C. (2004). Revisão taxionômica do gênero *Butia* (Becc). Becc (Palmae) e filogenia da subtribo Buttiinae Saakov (Palmae). 147f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo.

Pereira A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=

Ramanaiah, P., Rajanna, L. (2018). Estudos fenológicos em partes vegetativas e reprodutivas de *Dendrophthoe Falcata* (LF) Ettingsh. *Pesquisa e Comentários: Journal of Botany*, 7(2), 22- 28.

Rambo, B. (2000) A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural. (3a ed.), São Leopoldo: Ed. Unisinos, 473p.

Rossato, M. (2007) Recursos Genéticos de Palmeiras Nativas do Gênero *Butia* do Rio Grande do Sul. 136f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Schwartz, E. (2008). Produção, fenologia e qualidade dos frutos de *Butia capitata* em populações de Santa Vitória do Palmar. Tese de doutorado (Agronomia) Universidade Federal de Pelotas. 94p.

Silva, D. R. A., & Gonçalves, R. M. (2020). O papel da literatura infantil no contexto da educação infantil e na formação da criança: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9(5).

Stringari, L. (2016). Extração e caracterização da fibra do pecíolo do Butiá anão (*Butia lallemantii*). Dissertação de mestrado (Engenharia) Universidade Federal do Pampa. 95p.

Soares, K. P. (2013). O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) E *Butia Witeckii*. Dissertação de mestrado (Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria.

3.2 CAPÍTULO II: Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando dados morfométricos

Este artigo foi elaborado conforme normas da revista Research, Society and Development.

Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii*

Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando dados morfométricos

Population characterization of *Butia exilata* Deble & Marchiori and *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) using morphometric data

Caracterización poblacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori y *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando datos morfométricos

Recebido: 22/05/2022 | Revisado: 11/06/2022 | Aceito: 14/06/2022 | Publicado: 15/06/2022

Maurício Ricardo de Melo Cogo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7212>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: mauriciocogo.aluno@unipampa.edu.br

Lurdes Zanchetta da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4911-9670>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: lurdesrosa.aluno@unipampa.edu.br

Dienifer Noetzold Blaskesi Silveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7978-2743>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: dienifersilveira.aluno@unipampa.edu.br

Andriéli Bacega

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5517-007X>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: andrielibacega.aluno@unipampa.edu.br

Natanael Lemos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9791-7346>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: natanaelsantos.aluno@unipampa.edu.br

Aline Mazoy Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8547-7013>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: alinelopes.aluno@unipampa.edu.br

Velci Queiroz de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6890-6015>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: velcisouza@unipampa.edu.br

Resumo

O gênero *Butia*, nativo da América do Sul, abrange 21 espécies, 20 com ocorrência no Brasil. As espécies desse gênero são bastante polimórficas e apresentam formas intermediárias, o que dificulta a compreensão da delimitação taxonômica. Além disso, há uma carência em estudo que auxilie no entendimento dos padrões em relação à variabilidade genética. A utilização de caracteres morfológicos é parâmetro importante em estudos taxonômicos e de diversidade genética, contribuindo em estratégias de conservação e melhoramento genético. O objetivo deste trabalho foi determinar e correlacionar características morfométricas das espécies *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori. Foram analisados 12 caracteres morfológicos em 44 matrizes provenientes de quatro populações. A análise estatística com determinação dos valores de média, variância e correlação linear de Pearson foi realizada com o auxílio do *software* Genes. Os maiores e os menores valores de média e de variância da massa do fruto, diâmetro longitudinal do fruto, diâmetro equatorial do fruto e massa do mesocarpo foram encontrados respectivamente na população de Sarandi (1) e na população de Alegrete (4). O maior número de correlações altas foi encontrado na população (1), seguida respectivamente da população de Manoel Viana (3), São Francisco de Assis (2) e Alegrete (4). A massa do fruto, o diâmetro equatorial do fruto e a massa do mesocarpo se correlacionaram altamente nas quatro populações analisadas.

Palavras-chave: Palmeiras; Diversidade; Polimorfismo; Caracterização morfológica; Correlações.

Abstract

The genus *Butia*, native to South America, comprises 21 species, 20 of which occur in Brazil. The species of this genus are quite polymorphic, presenting intermediate forms, which makes it difficult to understand the taxonomic delimitation. In addition, there is a lack of studies that help in understanding the patterns in relation to genetic variability. The use of morphological characters are important parameters in taxonomic and genetic diversity studies, contributing to conservation and genetic improvement strategies. The objective of this work was to determine and correlate morphometric characteristics of the species *Butia exilata* Deble & Marchiori and *Butia lallemantii* Deble & Marchiori. Twelve morphological characters were analyzed in 44 matrices from four populations. Statistical analysis with determination of mean values, variance and Pearson's linear correlation was performed with the help of Genes software. The highest and lowest values of mean and variance of fruit mass, longitudinal fruit diameter, equatorial fruit diameter and mesocarp mass were found in the population of Sarandi (1) and population of Alegrete (4), respectively. The highest number of high correlations was found in the population (1), followed respectively by the population of Manoel Viana (3), São Francisco de Assis (2) and Alegrete (4). Fruit mass, equatorial fruit diameter and mesocarp mass were highly correlated in the four populations analyzed.

Keywords: Palm trees; Diversity; Polymorphism; Morphological characterization; Correlations.

Resumen

El género *Butia*, originario de América del Sur, comprende 21 especies, 20 de las cuales se encuentran en Brasil. Las especies de este género son bastante polimórficas, presentando formas intermedias, lo que dificulta la comprensión de la delimitación taxonómica. Además, faltan estudios que ayuden a comprender los patrones en relación con la variabilidad genética. El uso de caracteres morfológicos son parámetros importantes en los estudios taxonómicos y de diversidad genética, contribuyendo a las estrategias de conservación y mejoramiento genético. El objetivo de este trabajo fue determinar y correlacionar características morfométricas de las especies *Butia exilata* Deble & Marchiori y *Butia lallemantii* Deble & Marchiori. Se analizaron doce caracteres morfológicos en 44 matrices de cuatro poblaciones. El análisis estadístico con determinación de valores medios, varianza y correlación lineal de Pearson se realizó con la ayuda del software Genes. Los valores más altos y más bajos de media y varianza de masa de fruto, diámetro longitudinal de fruto, diámetro ecuatorial de fruto y masa de mesocarpio se encontraron respectivamente en la población de Sarandí (1) y en la población de Alegrete (4). El mayor número de correlaciones altas se encontró en la población (1), seguida respectivamente por la población de Manoel Viana (3), São Francisco de Assis (2) y Alegrete (4). La masa del fruto, el diámetro ecuatorial del fruto y la masa del mesocarpio estuvieron altamente correlacionados en las cuatro poblaciones analizadas.

Palabras clave: Palmeras; Diversidad; Polimorfismo; Caracterización morfológica; Correlaciones.

3.2.1 Introdução

A Arecaceae, popularmente conhecida como a família das palmeiras, é constituída por aproximadamente 2600 espécies, distribuídas em 181 gêneros (Baker & Dransfield, 2016; Stevens, 2017; Kissling, et al., 2019). O gênero *Butia* é representado por 21 espécies, 20 com ocorrência no Brasil (Pereira, 2019). Dentre as espécies do gênero *Butia* destacam-se as espécies *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e *Butia exilata* Deble & Marchiori, nativas da América do Sul e consideradas as únicas espécies do gênero com desenvolvimento cespitoso, ou seja, desenvolvem a capacidade de perfilhar (Soares, et al., 2013). *B. lallemantii*, conhecida como butiá-anão ou butiazeiro-anão (Deble & Marchiori, 2006) é uma palmeira encontrada nos campos arenosos do oeste e do sudoeste gaúcho, e no nordeste do Uruguai (Deble, et al., 2011; Ellert-Pereira, et al., 2015).

B. exilata (Deble, et al., 2011) ocorre em uma pequena área, no município de Sarandi, RS, ao redor e dentro do Parque Estadual do Papagaio Charão (Deble, et al., 2011; Wons, 2020).

As espécies *B. lallemantii* e *B. exilata* foram descritas respectivamente nos anos de 2006 e 2011 (Deble & Marchiori, 2006; Deble et al., 2011). Entretanto, até o atual momento, ainda se faz necessário o reconhecimento sobre os padrões da diversidade genética de ambas as espécies. A utilização de atributos morfológicos pode auxiliar na compreensão dos padrões

da diversidade genética no gênero *Butia* (Cogo, et al., 2020). As características morfológicas são importantes mecanismos para o reconhecimento de variações intraespecífica e interespecífica (Silva, et al., 2020). Além disso, o conhecimento de características morfométricas de frutos e sementes viabiliza a obtenção de informações sobre a seleção adequada para produção de mudas que servem para o estabelecimento de estratégias de conservação *ex situ* (Pinheiro & Ferreira, 2018), uma vez que as referidas espécies estão na lista de táxons ameaçados de extinção (FZB, 2014). Para Rosa, et al. (2021), a escassez de dados em relação às espécies de palmeiras é um cenário preocupante devido à perda de hábitat e ao extrativismo predatório. Vários estudos envolvendo caracterização morfológica em Arecaceae foram realizados nos últimos anos (Fonseca, et al., 2007; Favreto, 2010; Moura, et al., 2010; Santos & Santos Junior, 2015; Pinheiro & Pereira, 2018; Schlindwein, et al., 2019; Silva, et al., 2020). Entretanto, apesar do reconhecimento de que as espécies pertencentes ao gênero *Butia* são bastante polimórficas e que ocorram muitas formas intermediárias (Soares, 2013), há uma carência de estudos que utilize dados morfométricos na busca do entendimento dos padrões da diversidade dentro do gênero *Butia*. Como é o caso das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii* que, embora ocorram em habitats naturais distintos, apresentam semelhança fenotípica (Deble, et al., 2011; Soares, 2013). Identificar os possíveis padrões em relação às variáveis morfométricas das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii* pode contribuir com uma maior elucidação sobre as diferenças morfológicas. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi determinar e correlacionar caracteres morfométricos de 4 populações de *B. exilata* e *B. lallemantii* para que possa gerar informações que auxiliem no entendimento sobre a caracterização populacional de ambas as espécies.

3.2.2 Materiais e Métodos

O levantamento sobre as características morfológicas foi baseado em materiais coletados em expedições botânicas entre dezembro de 2020 e março de 2021. Para a condução do estudo, foram analisadas 44 matrizes provenientes de 4 populações do gênero *Butia*, sendo 11 matrizes da espécie *B. exilata* coletadas no município de Sarandi, RS (S 27°55'3" W 52°49'52.1") e 11 matrizes em cada uma das 3 populações da espécie *B. lallemantii*, coletadas nos municípios de Alegrete (S 29°55'30.3" W 55°28'34.4"), Manoel Viana (S 29°35'34.8" W 55°22'30.7") e São Francisco de Assis (S 29°23'28.0" W 55°09'13.2"), RS, conforme é ilustrado da Tabela 1.

As características observadas foram baseadas na metodologia aplicada em populações de *Butia capitata* (Moura, et al., 2010), com avaliação qualitativa de: AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo.

Tabela 1 - Identificação das populações e o número de matrizes analisadas.

| População | Espécie | Município | Número de matrizes |
|-----------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | <i>B. exilata</i> | Sarandi, RS | 11 |
| 2 | <i>B. lallemantii</i> | São Francisco de Assis, RS | 11 |
| 3 | <i>B. lallemantii</i> | Manoel Viana, RS | 11 |
| 4 | <i>B. lallemantii</i> | Alegrete, RS | 11 |

Fonte: Autores (2022).

A AP foi mensurada a partir do nível do solo até o seu ápice. Para a avaliação das variáveis, CFA, CFO e NFO, foi selecionada uma folha adulta junto a uma inflorescência que representasse a matriz de coleta e que não tivesse sinal de herbivoria

ou ataques de microrganismo. As mensurações da AP, CFA e CFO foram determinadas com o auxílio de uma fita métrica. Para a análise dos frutos, foram coletados 382 frutos por população, totalizando 1528 unidades provenientes das 44 matrizes. Em cada um dos frutos foram mensuradas as seguintes características: DLF, DEF e MF. Em seguida, os frutos foram despolpados, conforme metodologia utilizada por Favreto (2010), retirando-se o epicarpo e o mesocarpo, restando apenas o pirênio (endocarpo+ semente). Foi repetido o mesmo processo de mensuração na análise do pirênio, quantificando a MP, o DLP e o DEP. Para a mensuração do diâmetro longitudinal e equatorial do fruto e do pirênio foi utilizado um paquímetro digital (Mister) 150 mm. Os dados da massa dos frutos e da massa dos pirênios foram determinados no laboratório de química do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete, em Alegrete, RS, por meio da mensuração individual de cada unidade de fruto e posteriormente de cada unidade de pirênio, utilizando uma balança analítica (0,0001g). Também foi mensurada a massa fresca da polpa dos frutos (MM), utilizando a diferença entre a MF e a MP. A fim de determinar e correlacionar as variáveis morfológicas entre e dentro de cada população, foi quantificada a média, variância e correlação linear de Pearson. A análise estatística foi realizada com o auxílio do *software* Genes.

3.2.3 Resultados

O maior valor médio para AP foi encontrado na população 1, pertencente à espécie *B. exilata*, precedido respectivamente das populações 3, 4 e 2, pertencentes a espécie *B. lallemantii* (Tabela 2). Entretanto, na população 1 foi constatado o menor valor médio no CFA, precedido, respectivamente, pelas populações 4, 3 e 2. O comprimento médio maior dos folíolos foram encontrados também na população 2, precedido respectivamente das populações 1, 3 e 4. O valor médio maior do NFO foi encontrado na população 1 precedido respectivamente das populações 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Médias da caracterização morfológica das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, realizadas entre dezembro de 2020 a maio de 2021. Populações: 1 – *B. exilata* – Sarandi, RS; 2 - *B. lallemantii* – São Francisco de Assis, RS; 3 – *B. lallemantii* – Manoel Viana; 4 – *B. lallemantii* – Alegrete

| Pop. | Médias das características morfológicas | | | | | | | | | | | |
|------|---|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 1 | 1.54 | 1.61 | 0.52 | 74.90 | 29 | 9.919 | 33.335 | 23.764 | 1.402 | 19.785 | 11.105 | 8.517 |
| 2 | 1.39 | 1.94 | 0.55 | 69.45 | 33.54 | 7.513 | 32.166 | 21.271 | 1.575 | 22.290 | 12.405 | 5.939 |
| 3 | 1.49 | 1.78 | 0.48 | 66.81 | 43.45 | 6.835 | 31.871 | 20.384 | 1.131 | 20.251 | 10.553 | 5.704 |
| 4 | 1.45 | 1.75 | 0.48 | 65.72 | 33.09 | 5.048 | 28.534 | 19.020 | 0.866 | 16.521 | 10.143 | 4.182 |

Valores das médias - AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fontes: Autores (2022).

Na população 3, foi encontrado o maior valor médio do NFI, precedido, respectivamente, pelas populações 4, 2 e 1. Os maiores valores em relação ao tamanho dos frutos (MF, DLF e DEF) foram encontrados na população 1, proveniente da espécie *B. exilata*. Os maiores valores médios da MP e do DEP foram encontrados na população 2, precedidos, respectivamente, das populações 1, 3 e 4. Em relação ao valor médio do DLP, a população 2 também obteve o valor mais elevado, precedido, respectivamente, das populações 3, 1 e 4. Na população 1, foi constatado o maior valor médio para MM.

Na Tabela 3, são observados os valores de variância em relação aos aspectos morfológicos das 4 populações analisadas. Em relação à AP, a população 1 foi a que obteve a menor variação entre as matrizes analisadas, precedida, respectivamente, das populações 3, 4 e 2. A menor variação no CFA também foi encontrada na população 1, precedida, respectivamente, das populações 2, 3 e 4. Na população 2, foi encontrada a maior variação em relação ao CFO, precedida, respectivamente, das populações 1, 4 e 3. A maior variação do NFO foi encontrada na população 3, precedida, respectivamente, das populações 4, 2 e

1. A população 1 apresenta os maiores valores de variância em relação ao NFI, MF, DLF e DEF, havendo uma tendência desses componentes serem, respectivamente, menores nas populações 3, 2 e 4, exceto na variância do DLF.

Tabela 3 - Variância da caracterização morfológica das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, realizadas entre dezembro de 2020 a maio de 2021. Populações: 1 – *B. exilata* – Sarandi, RS; 2 – *B. lallemantii* – São Francisco de Assis, RS; 3 – *B. lallemantii* – Manoel Viana, RS; 4 – *B. lallemantii* – Alegrete, RS.

| Variância da Caracterização Morfológica | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Pop | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 1 | 0.0481 | 0.0318 | 0.0072 | 125.091 | 898.8 | 8.7254 | 15.5023 | 5.4888 | 0.1695 | 6.6554 | 0.9207 | 6.6986 |
| 2 | 0.1176 | 0.052 | 0.0082 | 144.073 | 329.473 | 2.8217 | 15.0489 | 2.9553 | 0.5824 | 10.7039 | 1.8421 | 1.608 |
| 3 | 0.0748 | 0.1118 | 0.0057 | 218.564 | 408.273 | 3.0246 | 7.8049 | 3.9645 | 0.0786 | 58.4923 | 0.9956 | 2.5333 |
| 4 | 0.0889 | 0.1196 | 0.0059 | 197.618 | 121.091 | 0.6516 | 3.649 | 1.7419 | 0.0635 | 6.923 | 9.4903 | 0.5063 |

Valores de variância - AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo NFO: número de folíolo; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fontes: Autores (2022).

A maior variação em relação à MP foi encontrada na população 2, seguida, respectivamente, dos valores das populações 1, 3 e 4. A maior variação em relação ao DLP foi encontrada na população 3, precedida, respectivamente, das populações 2, 4 e 1. A maior variação do DEP foi encontrada na população 4, seguida, respectivamente, das populações 2, 3 e 1. Em relação à variação da MM, o maior valor encontrado foi na população 1, seguido respectivamente dos valores das populações 3, 2 e 4.

A Tabela 4 evidencia as correlações entre as variáveis da população 1, pertencente à espécie *B. exilata*. As variáveis AP e NFO correlacionaram-se de forma negativa com a maioria das outras variáveis, especialmente com as variáveis relacionadas a componentes de frutos. Isso pode evidenciar uma tendência de quanto menor a AP e o NFO, maior os valores das demais variáveis ligadas ao desenvolvimento reprodutivo. Dentre os valores negativos, destacam-se as correlações moderadas entre a variável AP e as variáveis, MF, DLF, DEF, MP, DLP e MM. Já a variável NFO obteve uma correlação moderada e positiva com as variáveis CFA, CFO e DEF. No entanto, foi observada uma correlação moderada e negativa entre a variável NFO e a variável NFI, e negativa e baixa com a AP, MF, DEF, MP, DLP, DEP e MM. Em relação às variáveis CFA e CFO, observam-se correlações baixas e moderadas com a maioria das demais variáveis, exceto com a AP, que obteve uma correlação negativa. Os resultados indicam que um maior comprimento de folha e comprimento de folíolos, possivelmente, possibilite uma maior área foliar para a realização dos processos fotossintéticos, ação essencial para o desenvolvimento da planta e na formação de estruturas reprodutivas.

A variável NFI não obteve correlação alta com as demais variáveis dentro da população 1. A variável MF obteve correlações altas com DEF (0,9301), MP (0,9029), DLP (0,9251) e MM (0,9977), correlações moderadas com as variáveis CFA, CFO, DLF e DEP, e correlação negativa e moderada com a variável AP.

Tabela 4 - População 1: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie *B. exilata*, Sarandi, RS.

| | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP | 1 | -0.4119 | -0.0107 | -0.1331 | 0.3405 | -0.5476 | -0.5764 | -0.5716 | -0.4647 | -0.4437 | -0.3995 | -0.5511 |
| CFA | -0.4119 | 1 | 0.534 | 0.0759 | 0.4082 | 0.6672 | 0.7733 | 0.4469 | 0.7057 | 0.7762 | 0.4992 | 0.6492 |
| CFO | -0.0107 | 0.534 | 1 | 0.2633 | 0.6285 | 0.5457 | 0.5196 | 0.3317 | 0.6989 | 0.6845 | 0.5831 | 0.5116 |
| NFO | -0.1331 | 0.0759 | 0.2633 | 1 | -0.0591 | -0.2172 | 0.2629 | -0.2319 | -0.1995 | -0.1521 | -0.3605 | -0.2162 |
| NFI | 0.3405 | 0.4082 | 0.6285 | -0.0591 | 1 | 0.2378 | 0.2221 | 0.0031 | 0.4044 | 0.4696 | 0.293 | 0.207 |
| MF | -0.5476 | 0.6672 | 0.5457 | -0.2172 | 0.2378 | 1 | 0.7807 | 0.9301 | 0.9029 | 0.9251 | 0.7783 | 0.9977 |
| DLF | -0.5764 | 0.7733 | 0.5196 | 0.2629 | 0.2221 | 0.7807 | 1 | 0.6535 | 0.6445 | 0.822 | 0.3594 | 0.7885 |
| DEF | -0.5716 | 0.4469 | 0.3317 | -0.2319 | 0.0031 | 0.9301 | 0.6535 | 1 | 0.7291 | 0.7306 | 0.6443 | 0.9455 |
| MP | -0.4647 | 0.7057 | 0.6989 | -0.1995 | 0.4044 | 0.9029 | 0.6445 | 0.7291 | 1 | 0.9372 | 0.9376 | 0.8715 |
| DLP | -0.4437 | 0.7762 | 0.6845 | -0.1521 | 0.4696 | 0.9251 | 0.822 | 0.7306 | 0.9372 | 1 | 0.7776 | 0.9067 |
| DEP | -0.3995 | 0.4992 | 0.5831 | -0.3605 | 0.293 | 0.7783 | 0.3594 | 0.6443 | 0.9376 | 0.7776 | 1 | 0.7391 |
| MM | -0.5511 | 0.6492 | 0.5116 | -0.2162 | 0.207 | 0.9977 | 0.7885 | 0.9455 | 0.8715 | 0.9067 | 0.7391 | 1 |

AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fonte: Autores (2022).

A variável DLF obteve uma alta correlação com a variável DLP (0,822), e valores de correlações moderadas com o CFA, CFO, MF, DEF, MP e MM. Além disso, observou-se que a variável DLF obteve uma correlação negativa moderada com a variável AP. Quando avaliada a variável DEF, percebe-se uma correlação alta com a MF (0,9301) e a MM (0,9455), uma correlação moderada com as variáveis CFA, DLF, MP, DLP e DEP. No entanto, a variável DEF obteve uma correlação moderada e negativa com a variável AP. A MP da população 1 obteve uma correlação alta com as variáveis MF (0,9029), DLP (0,9372), DEP (0,9376) e MM (0,8715). Além disso, observou-se que a MP possui uma correlação positiva e moderada com as variáveis CFA, CFO, NFI, DLF e DEF. Também foi observada uma correlação moderada e negativa entre a variável MP com a AP. Analisando a variável DLP observa-se uma correlação alta com as seguintes variáveis MF (0,9251), DLF (0,822), MP (0,9372) e MM (0,9067); uma correlação moderada com as variáveis, CFA, CFO, NFI, DEF e DEP. No entanto, a variável DLP correlacionou-se de forma negativa e moderada com a variável AP. Na análise de correlação da variável DEP com as demais variáveis, foi constatada uma única correlação alta com a variável MP (0,9376). O DEP obteve uma correlação moderada com a variável CFA, CFO, MF, DEF, DLP e MM. Quando analisada a variável MM, observa-se uma alta correlação com a MF (0,9977), DEF (0,9455), MP (0,8715) e o DLP (0,9067). Também foi observada uma correlação moderada entre a MM e o CFA, CFO, DLF e DEP. A MM correlacionou-se de forma negativa e moderada com AP.

Na Tabela 5, observam-se as correlações entre as variáveis da população 2, pertencente à espécie *B. lallemantii*, do município de São Francisco de Assis, RS. Percebe-se a inexistência de correlações altas relacionadas aos aspectos vegetativos. A AP correlaciona-se moderadamente com a variável, CFA e NFO, e moderadamente e negativa com o DLF e DLP. Em relação à variável CFA, observou-se uma correlação moderada com a variável AP e NFO, e uma correlação moderada e negativa com a variável DLF. A variável CFO não apresentou nenhuma correlação moderada ou alta com as demais variáveis. Já a variável NFO apresentou uma correlação moderada com as variáveis AP, CFA, MF, DEF, DEP e MM.

A variável NFI correlacionou-se de forma baixa e negativa com todas as variáveis, exceto com a variável AP. A MF

apresentou correlação alta com o DLP (0,8156) e MM (0,9031), e correlações moderadas com NFO, DLF, DEF, MP e DEP. Em relação à variável DLF, foi observado uma correlação alta com o DLP (0,8697) e um valor de correlação moderado e negativo com a variável AP e CFA. As variáveis MF, MP, DEP e MM apresentaram correlações moderadas com a variável DLF. O DEF obteve uma correlação alta com a variável MM (0,8695) e correlações moderadas com as variáveis NFO, MF e DEP.

Tabela 5 - População 2: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie *B. lallemantii*, São Francisco de Assis, RS

| | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP | 1 | 0.5368 | -0.0674 | 0.436 | 0.289 | -0.3231 | -0.7374 | 0.0476 | -0.2022 | -0.494 | 0.0486 | -0.3064 |
| CFA | 0.5368 | 1 | -0.0882 | 0.6716 | -0.1311 | -0.1145 | -0.5384 | 0.0634 | -0.1624 | -0.2811 | 0.0985 | -0.0538 |
| CFO | -0.0674 | -0.0882 | 1 | -0.122 | -0.1403 | 0.0293 | 0.2365 | -0.0623 | 0.1842 | 0.1667 | 0.0769 | -0.0719 |
| NFO | 0.436 | 0.6716 | -0.122 | 1 | -0.0049 | 0.5064 | -0.0685 | 0.7373 | 0.2113 | 0.156 | 0.4993 | 0.5437 |
| NFI | 0.289 | -0.1311 | -0.1403 | -0.0049 | 1 | -0.2915 | -0.1847 | -0.0245 | -0.0661 | -0.2852 | -0.1679 | -0.3464 |
| MF | -0.3231 | -0.1145 | 0.0293 | 0.5064 | -0.2915 | 1 | 0.7539 | 0.7709 | 0.7006 | 0.8156 | 0.7594 | 0.9031 |
| DLF | -0.7374 | -0.5384 | 0.2365 | -0.0685 | -0.1847 | 0.7539 | 1 | 0.3621 | 0.7011 | 0.8697 | 0.5085 | 0.5768 |
| DEF | 0.0476 | 0.0634 | -0.0623 | 0.7373 | -0.0245 | 0.7709 | 0.3621 | 1 | 0.2522 | 0.3788 | 0.4414 | 0.8695 |
| MP | -0.2022 | -0.1624 | 0.1842 | 0.2113 | -0.0661 | 0.7006 | 0.7011 | 0.2522 | 1 | 0.908 | 0.925 | 0.3262 |
| DLP | -0.494 | -0.2811 | 0.1667 | 0.156 | -0.2852 | 0.8156 | 0.8697 | 0.3788 | 0.908 | 1 | 0.826 | 0.534 |
| DEP | 0.0486 | 0.0985 | 0.0769 | 0.4993 | -0.1679 | 0.7594 | 0.5085 | 0.4414 | 0.925 | 0.826 | 1 | 0.4493 |
| MM | -0.3064 | -0.0538 | -0.0719 | 0.5437 | -0.3464 | 0.9031 | 0.5768 | 0.8695 | 0.3262 | 0.534 | 0.4493 | 1 |

AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fontes: Autores (2022).

Na análise da variável MP, constatou-se uma correlação alta e com valores superiores a 0,9 com o DLP (0,908) e o DEP (0,925), e correlações moderadas com as variáveis MF e DLF. O DLP foi a variável que obteve o maior número de correlações altas com as demais variáveis dentro da população 2. Foram observadas correlações altas entre a DLP com as variáveis MF (0,8156), DLF (0,8697), MP (0,908) e DEP (0,826). O DEP obteve correlação alta com as variáveis MP (0,925) e DLP (0,826), e moderada com NFO, MF, DLF, DEF e MM. A MM correlacionou-se de forma alta com as variáveis MF (0,9031) e DEF (0,8695), e moderadamente com NFO, DLF, DLP e DEP.

Na Tabela 6, observam-se as correlações entre as variáveis da população 3, pertencente à espécie *B. lallemantii*, do município de Manoel Viana, RS. A variável CFA correlacionou-se de forma alta com AP (0,801) e de forma moderada com o DLP. A variável CFO não obteve correlação alta com as demais variáveis e correlacionou-se de forma moderada com o NFO e o DLF. O NFO obteve correlações moderadas com as variáveis CFO, MF, DLF, DEF, MP e MM. A variável NFI obteve correlação moderada com a MP, DEP e DLP.

A variável MF correlacionou-se de forma alta com o DLF (0,8989), DEF (0,981) e MM (0,9897). A variável DLF correlacionou-se de forma alta com a MF (0,8989), DEF (0,8612) e MM (0,8678) e moderadamente com o CFO, NFO, MP e DEP. A variável DEF obteve correlações altas com a MF (0,981), DLF (0,8612) e MM (0,9688) e correlações moderadas com NFO, MP e DEP. A MP obteve uma correlação alta somente com a variável DEP (0,9785) e correlações moderadas com NFO, NFI, MF, DLF, DEF e MM. Não foi identificada nenhuma correlação alta entre o DLP e as demais variáveis analisadas dentro da população 3. Ao analisar a variável DEP, identifica-se uma correlação alta com a MP (0,9785) e correlações moderadas com o NFI, MF, DLF e DEF. A MM correlacionou-se de forma alta com a MF (0,9897), DLF (0,8678) e DEF (0,9688), e de

forma moderada com o NFO e MP. Percebe-se que, dentro da população 3, há uma alta correlação entre as variáveis MF, DLF, DEF e MM. Também se destaca que as variáveis relacionadas com o pirênio não contribuem de forma alta para massa e dimensões dos frutos.

Tabela 6 - População 3: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie *B. lallemantii*, Manoel Viana, RS.

| | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP | 1 | 0.801 | 0.2044 | -0.3462 | -0.3797 | -0.0766 | 0.0121 | -0.1887 | -0.3457 | 0.1542 | -0.3525 | -0.0229 |
| CFA | 0.801 | 1 | 0.0314 | -0.0153 | -0.1855 | 0.0646 | 0.1567 | 0.0006 | -0.065 | 0.5824 | -0.0457 | 0.0819 |
| CFO | 0.2044 | 0.0314 | 1 | 0.4911 | -0.0835 | 0.3217 | 0.4008 | 0.2431 | 0.084 | -0.3202 | -0.0692 | 0.3368 |
| NFO | -0.3462 | -0.0153 | 0.4911 | 1 | 0.1938 | 0.5914 | 0.5713 | 0.5828 | 0.4438 | 0.1565 | 0.3057 | 0.568 |
| NFI | -0.3797 | -0.1855 | -0.0835 | 0.1938 | 1 | 0.0273 | -0.1335 | 0.053 | 0.5813 | 0.4869 | 0.6469 | -0.0726 |
| MF | -0.0766 | 0.0646 | 0.3217 | 0.5914 | 0.0273 | 1 | 0.8989 | 0.981 | 0.5843 | -0.1804 | 0.4794 | 0.9897 |
| DLF | 0.0121 | 0.1567 | 0.4008 | 0.5713 | -0.1335 | 0.8989 | 1 | 0.8612 | 0.6494 | -0.2127 | 0.5248 | 0.8678 |
| DEF | -0.1887 | 0.0006 | 0.2431 | 0.5828 | 0.053 | 0.981 | 0.8612 | 1 | 0.5854 | -0.1617 | 0.4996 | 0.9688 |
| MP | -0.3457 | -0.065 | 0.084 | 0.4438 | 0.5813 | 0.5843 | 0.6494 | 0.5854 | 1 | 0.1751 | 0.9785 | 0.4623 |
| DLP | 0.1542 | 0.5824 | -0.3202 | 0.1565 | 0.4869 | -0.1804 | -0.2127 | -0.1617 | 0.1751 | 1 | 0.26 | -0.2279 |
| DEP | -0.3525 | -0.0457 | -0.0692 | 0.3057 | 0.6469 | 0.4794 | 0.5248 | 0.4996 | 0.9785 | 0.26 | 1 | 0.3514 |
| MM | -0.0229 | 0.0819 | 0.3368 | 0.568 | -0.0726 | 0.9897 | 0.8678 | 0.9688 | 0.4623 | -0.2279 | 0.3514 | 1 |

AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 7, observa-se as correlações entre as variáveis da população 4, pertencente à espécie *B. lallemantii*, do município de Alegrete, RS. A variável AP correlacionou-se de forma alta com o CFA (0,801) e moderadamente com MF, DLF, DEF e MP. Em relação à variável CFA, além da correlação alta com a AP, obtiveram-se correlações moderadas com DEF e MM. A variável CFO correlacionou-se de forma moderada com NFO. Há uma tendência, mesmo que discreta, da interferência das variáveis CFO, NFO e NFI para o desenvolvimento das variáveis MF, DLF, DEF, MP, DEP e MM.

Pode-se observar uma alta correlação entre variável MF com as variáveis DEF (0,9138) e a MP (0,9527). Além disso, a MF correlaciona-se de forma moderada com as variáveis AP, DLF, MP e DLP e, de forma moderada e negativa com o NFI. O DLF correlacionou-se de forma moderada com a AP, MF, MP e DLP, e de forma moderada e negativa com o NFO. Em relação à variável DEF, observa-se uma correlação alta com a MF (0,9138) e a MM (0,9513), correlações moderadas com a AP e CFA, e correlação moderada e negativa com o NFI. A variável MP não apresentou nenhuma correlação alta com as demais variáveis. No entanto, pode-se observar correlações moderadas entre MP com a AP, MF, DLF, DLP, DEP, e moderada e negativa com o NFO e o NFI. A maioria das correlações entre DLP com as demais variáveis foram positivas. O DLP correlacionou-se moderadamente com a MF, DLF e MP, correlação moderada e negativa com o DEP. Entretanto a maioria das correlações entre DEP foram negativas. A variável DEP correlacionou-se de forma moderada com a MP, e de forma moderada e negativa com a variável NFO e DLP. A MM correlacionou-se de forma alta com a MF (0,9527) e o DEF (0,9513), e moderadamente com o CFA.

Tabela 7 - População 4: Correlação de Pearson entre 12 variáveis avaliadas em uma população da espécie *B. lallemantii*, Alegrete, RS.

| | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP | 1 | 0.8185 | 0.2685 | -0.3596 | -0.363 | 0.4431 | 0.555 | 0.4002 | 0.4067 | 0.2471 | 0.0682 | 0.3588 |
| CFA | 0.8185 | 1 | 0.0926 | -0.0631 | -0.1637 | 0.3778 | 0.2313 | 0.4863 | 0.0361 | 0.068 | -0.1419 | 0.4157 |
| CFO | 0.2685 | 0.0926 | 1 | 0.5084 | -0.0189 | -0.2195 | -0.0542 | -0.2339 | -0.3319 | 0.0581 | -0.343 | -0.1317 |
| NFO | -0.3596 | -0.0631 | 0.5084 | 1 | 0.5141 | -0.3728 | -0.483 | -0.2319 | -0.7706 | 0.0451 | -0.7302 | -0.1501 |
| NFI | -0.363 | -0.1637 | -0.0189 | 0.5141 | 1 | -0.4108 | -0.0872 | -0.4843 | -0.4119 | 0.0079 | -0.2604 | -0.3202 |
| MF | 0.4431 | 0.3778 | -0.2195 | -0.3728 | -0.4108 | 1 | 0.474 | 0.9138 | 0.5134 | 0.4085 | -0.1372 | 0.9527 |
| DLF | 0.555 | 0.2313 | -0.0542 | -0.483 | -0.0872 | 0.474 | 1 | 0.1782 | 0.7575 | 0.5491 | 0.1778 | 0.2695 |
| DEF | 0.4002 | 0.4863 | -0.2339 | -0.2319 | -0.4843 | 0.9138 | 0.1782 | 1 | 0.2414 | 0.2296 | -0.2659 | 0.9513 |
| MP | 0.4067 | 0.0361 | -0.3319 | -0.7706 | -0.4119 | 0.5134 | 0.7575 | 0.2414 | 1 | 0.4842 | 0.4997 | 0.2284 |
| DLP | 0.2471 | 0.068 | 0.0581 | 0.0451 | 0.0079 | 0.4085 | 0.5491 | 0.2296 | 0.4842 | 1 | -0.4648 | 0.292 |
| DEP | 0.0682 | -0.1419 | -0.343 | -0.7302 | -0.2604 | -0.1372 | 0.1778 | -0.2659 | 0.4997 | -0.4648 | 1 | -0.3326 |
| MM | 0.3588 | 0.4157 | -0.1317 | -0.1501 | -0.3202 | 0.9527 | 0.2695 | 0.9513 | 0.2284 | 0.292 | -0.3326 | 1 |

AP: altura da planta; CFA: comprimento da folha; CFO: comprimento do folíolo; NFO: número de folíolos; NFI: número de frutos por infrutescência; MF: massa dos frutos; DLF: diâmetro longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MP: massa do pirênio; DLP: diâmetro longitudinal do pirênio; DEP: diâmetro equatorial do pirênio; MM: massa do mesocarpo. Fontes: Autores (2022).

3.2.4 Discussões

3.2.4.1 Médias das características morfológicas

Os valores médios da AP (1,54 m) e CFA (1,61 m) encontrados na população 1 (*B. exilata*) são superiores aos valores descritos por Deble, et al. (2011) e Soares, et al. (2014). Já as médias em relação ao CFO (52 cm) e NFO (74,5) corroboram com os valores descritos por Soares, et al. (2014) e são superiores aos valores descritos por Deble, et al. (2011). O valor médio do DLF (33,33 mm) encontrado em *B. exilata* corrobora com os valores encontrados em outros trabalhos (Deble, et al., 2011; Soares, et al., 2014). Entretanto, o valor médio encontrado do DEF (23,76 mm) é superior ao descrito nos referidos trabalhos. Os valores médios encontrados do DLP (19,78 mm) e DEP (11,10 mm) são semelhantes aos valores encontrados por Soares, et al. (2014) e superiores aos valores descritos por Deble, et al. (2011).

Os valores médios encontrados em relação à AP, CFA e CFO na população 2, 3, 4 (*B. lallemantii*) foram superiores aos valores descritos por Deble e Marchiori (2006) e Soares, et al. (2014). Entretanto, os valores médios do NFO e DLF corroboraram com os resultados dos referidos trabalhos. Os valores médios do DLP encontrados nas populações 2 e 3 corroboram com os descritos por Soares, et al. (2014). Porém, o valor médio do DLP na população 4 é inferior aos encontrados nas populações 2 e 3 e aos valores descritos por Soares, et al. (2014).

Os resultados indicam que a AP de *B. exilata* é maior do que a AP em *B. lallemantii*. Entretanto, o CFA em *B. exilata* é menor do que em comparação ao CFA em *B. lallemantii*. O fato de o comprimento das folhas serem menores em *B. exilata* pode justificar a característica apontada por Deble, et al. (2011) do topo da planta ser assimétrico. Entretanto, as folhas de *B. lallemantii*, por serem maiores e, conseqüentemente, com maior massa e volume, organizam-se no topo da planta com o formato mais hemisférico. O NFO foi maior em *B. exilata* quando comparado com populações de *B. lallemantii*.

O valor médio em relação ao NFI foi maior na espécie *B. lallemantii* em comparação aos resultados obtidos na análise com a espécie *B. exilata*. Os valores médios da MF, DLF e DEF da espécie *B. exilata* são superiores a todos os valores médios encontrados nas 3 populações de *B. lallemantii*, resultado que não corrobora com a análise de Soares, et al. (2013), no qual é referido que os frutos de *B. exilata* são menores do que os frutos de *B. lallemantii*. Os maiores valores médios da MP, DEP e DLP

foram encontrados em *B. lallemantii* (população 2). O maior valor médio da MM foi encontrado em *B. exilata* representando 85,87% da MF. Entretanto, dentre as populações *B. lallemantii*, o maior valor médio da MM foi encontrado na população 2. A porcentagem média da MM em frutos de *B. lallemantii* variou entre 79,05% e 83,45%. Em outros trabalhos realizados com *Butia Capitata*, a porcentagem da MM encontrada variou entre 70% e 80% da MF (Rivas & Barilani, 2004; Moura, et al., 2010).

3.2.4.2 Variâncias das características morfológicas

As espécies *B. lallemantii* e *B. exilata* são semelhantes morfológicamente e possuem variações dentro de suas populações (Soares, et al., 2013). A análise de variância, por meio dos caracteres morfométricos, indica uma maior variação na AP, CFA, CFO e NFO em *B. lallemantii*, resultado que corrobora com Soares, et al. (2013), em que relata sobre a variabilidade morfológica em relação aos aspectos vegetativos de *B. lallemantii*. Entretanto, os maiores valores de variâncias em relação à MP, DLP e DEP também foram encontrados na *B. lallemantii*. Já os maiores valores de variâncias em relação aos aspectos reprodutivos, como NFI, MF, DLF, DEF e MM, foram encontrados em *B. exilata*. A análise de variância permitiu reconhecer alguns padrões em relação ao polimorfismo existente nas espécies *B. lallemantii* e *B. exilata*.

3.2.4.3 Correlação entre as características morfológicas

Observa-se, por meio dos resultados obtidos, que a AP correlacionou-se de forma moderada e negativa com a maioria das demais variáveis dentro da população 1, pertencente à espécie *B. exilata* e, de forma alta, com o CFA na população 3 e 4, pertencentes à espécie *B. lallemantii*. A inexistência de correlações altas entre a AP com caracteres reprodutivos em *B. exilata* e *B. lallemantii* corrobora com outros resultados encontrados, como é o caso de estudos realizados com a cultura do mamoneiro (Rodrigues, et al., 2010).

Foram encontradas várias correlações altas entre a MF e as demais variáveis relacionadas aos componentes de frutos dentro das 4 populações. Na população 1, a MF correlacionou-se de forma alta com DEF, MP, DLP e MM; na população 2, a MF correlacionou-se de forma alta com DLP e MP; na população 3, a MF correlacionou-se de forma alta com DLF, DEF e MM; na população 4, a MF correlacionou-se de forma alta com DEF e MP. A alta correlação entre o diâmetro e massa dos frutos também foi constatada em estudo utilizando *Butia odorata* (Fernandes, et al., 2018), *Malus zumi* (Donskih, et al., 2022) e em frutos de mangueira (Morais, et al., 2004).

O DLF correlacionou-se de forma alta com o DLP nas populações 1 e 2. Na população 3, o DLF obteve alta correlação com a MF, DEF e MM. Já na população 4, o DLF não obteve correlação alta com as demais variáveis. Os resultados indicam uma alta correlação entre DEF e MM nas 4 populações.

A variável MP correlacionou-se de forma alta, distintamente, em cada uma das populações: na população 1, com a MF, DLP, DEP e MM; na população 2, com DLP e DEP; na população 3, com DEP; e nenhuma correlação alta com as demais variáveis da população 4. Quando analisado o DLP, observam-se dois padrões em relação às correlações. O primeiro padrão de semelhança é entre a população 1 e 2. Em ambas as populações, a variável DLP correlaciona-se, de forma alta, com a MF, DLF e MP. E o segundo padrão de semelhança em relação às correlações é evidenciado entre as populações 3 e 4. A variável DLP não se correlacionou de forma alta com as demais variáveis dentro das duas populações. O DEP correlacionou-se, de forma alta, com a MP nas populações 1, 2 e 3. Para Silva e Scariot (2013), o tamanho do pirênio está relacionado ao maior vigor, germinação e ao potencial de gerar mudas mais saudáveis.

A variável MM obteve correlação alta com a MF e o DEF nas populações 4, resultado que corrobora com análises utilizando *Butia capitata* (Silva, et al., 2018). Além disso, na população 1, a variável MM também obteve correlação alta com a MP e DLP. Já na população 3, a MM também se correlacionou de forma alta com a variável DLF.

3.2.5 Considerações Finais

No presente trabalho, foi possível identificar que as quatro populações não divergem para todas as características.

Os maiores valores de média e de variância da MF, DLF, DEF e MM foram encontrados em *B. exilata*. Entretanto, os maiores valores de média e de variância da MP, DEP e DLP foram encontrados em *B. lallemantii*.

O maior número de correlações altas entre as variáveis foi encontrado dentro da população 1 (10 correlações), seguido respectivamente da população 3 (8 correlações), população 2 (7 correlações) e população 4 (3 correlações).

Em todas as populações analisadas, existe uma alta correlação da MM com as variáveis MF e DEF.

O uso das variáveis morfométricas contribui para o entendimento do polimorfismo encontrado dentro das espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*.

Estudos futuros utilizando atributos morfométricos poderão contribuir na compreensão da diversidade genética e na elucidação de relações filogenéticas do gênero *Butia*.

3.2.6 Referências

- Baker, W. J., & Dransfield, J. (2016). Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 182(2), 207-233. <https://doi.org/10.1111/boj.12401>.
- Cogo, M. R. M., Osório, T. M., Santos, N. L., Bacega, A., & de Souza, V. Q. (2020). O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(12), 1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10675>.
- Deble, L. P., & Marchiori, J. N. C. (2006). *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. *Balduinia*, 9, 01-03. <https://doi.org/10.5902/2358198014032>.
- Deble, L. P., Marchiori, J. N. C., Alves, F. D. S., & Oliveira-Deble, A. D. (2011). Survey on *Butia* (Becc.) Becc.(Arecaceae) from Rio Grande do Sul State (Brazil). *Balduinia*, 30, 3-24. <https://doi.org/10.5902/2358198013883>.
- Donskih, V. G., Aniskina, T. S., & Kryuchkova, V. A. (2022, April). Variability and correlations of traits of the flower, leaf and fruit of *Malus zumi*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1010, No. 1, p. 012147). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012147>.
- Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M., & Lewis, C. E. (2008). Genera Palmarum The Evolution and Classification of the Palms. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://doi.org/10.34885/92>.
- Ellert-Pereira, P. E., Esalão, M. P., Barbieri, R., & Heiden, G. (2015). Avaliação da conservação *in situ* de *Butia* (arecaceae) no Rio Grande do Sul. In *Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Congresso de Iniciação Científica, 24.; Encontro de Pós-graduação, 17, 2015, Pelotas.[Anais.]. Pelotas: UFPel, 2015.
- Favreto, R. (2010). Aspectos etnoecológicos e ecofisiológicos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). Tese de Doutorado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Fernandes, R. C., Sosinski Junior, E. E., & Barbieri, R. (2018). Caracterização de frutos de *Butia odorata* em área de conservação *in situ* no município de Tapes (RS). In *Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Congresso de Iniciação Científica, 27.; ENCONTRO DE Pós-graduação UFPel, 20.; Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 4., 2018, Pelotas. Anais. Pelotas: UFPel, 2018.
- Fonseca, R. S., Ribeiro, L. M., Simões, M. O. M., de Oliveira Menino, G. C., de Jesus, F. M., & Reis, S. B. (2007). Morfometria da flor e inflorescência de *Butia capitata* (Mart) Becc.(Arecaceae) em diferentes fases de desenvolvimento, no cerrado de Montes Claros–MG. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S1), 657-659.
- Kissling, W. D., Balslev, H., Baker, W. J., Dransfield, J., Gödel, B., Lim, J. Y., & Svenning, J. C. (2019). Palm Traits 1.0, a species-level functional trait database of palms worldwide. *Scientific Data*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0189-0>.
- Morais, P. L. D. D., Filgueiras, H. A. C., Pinho, J. L. N. D., & Alves, R. E. (2004). Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins'. *Ciência e Agrotecnologia*, 28, 743-747. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000400003>.
- Moura, R. C. D., Lopes, P. S. N., Brandão Junior, D. D. S., Gomes, J. G., & Pereira, M. B. (2010). Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica*, 10, 415-419. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200040>.
- Paim, L., Avrella, E., Freitas, E., & Fior, C. (2019). Collection of Plants *in situ* and Conditioning of *Butia lallemantii* Seedlings. *Floresta e Ambiente*, 26. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.057917>.
- Pereira, P. E. E. (2019). Filogenia de *Butia* (Arecaceae): um gênero de palmeiras sul-americano. Tese de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas.
- Pinheiro, R. M., Ferreira, E. J. L.; (2018) Caracterização morfométrica de frutos e sementes de *Geonoma maxima* subsp. *chelonura* (Spruce) AJ Henderson (Arecaceae). *Revista Biociências*, 24(1).

Rio Grande Do Sul. Decreto n. 52.109 de 1 de dezembro de 2014. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 3, 2 dez. 2014. http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20141222112707decreto52109_2014_flora.pdf.

Rivas, M., & Barilani, A. (2004). Diversidad, potencial productivo y reproductivo de los palmares de *Butia capitata* (Mart.) Becc. de Uruguay. *Agrociencia- Sitio en Reparación*, 8(1), 11-20.

Rodrigues, H. C. D. A., Carvalho, S. P. D., Carvalho, A. A. D., Santos, C. E. M. D., & Carvalho Filho, J. L. S. D. (2010). Correlações genóticas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de mamoneira. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(6), 1390-1395.

Rosa, L. Z., Almeida, C. G. M., Brasil, A. M. A., Laindorf, B. L., Cogo, M. R. M., Kuhn, S. A., Bacega, A., Santos, N. L., Silveira, D. N. B., Cassol, A. P. V., Pereira, A. B., & de Souza, V. Q. (2021). A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família *Arecaceae* (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste. *Research, Society and Development*, 10(14). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.221042>.

Santos, R. C., & Santos Júnior, J. E. (2015). Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). *Revista Ceres*, 62(6), 507-514.

Schlindwein, G., Tonietto, A., Witter, S. (2019). Início da produção de frutos em progênes de butiazeiro (*Butia odorata*). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 25(3), 156-163. <https://doi.org/10.36812/pag.2019253156-163>.

Silva, P. A. D. (2008). Ecologia populacional e botânica econômica de *Butia capitata* (Mart.) Beccari no cerrado no norte de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Silva, P. A. D. D., & Scariot, A. (2013). Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian cerrado in the north of the state of Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), 580-589.

Silva, P. H., Vianna, S. A., Carvalho, C. R. L., Azevedo Filho, J. A., & Colombo, C. A. (2020). Divergência genética entre espécies de palmeiras acrocomia mart. Baseada em descritores morfoagronômicos. *Energia na agricultura*, 35(4), 562-577.

Soares, K. P. (2013). O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) e *Butia Witeckii*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Stevens, P. F. (2017). Angiosperm Phylogeny.

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

Wons, F. (2020). Avaliação do estado de conservação de *Butia exilata* e o impacto dos agrotóxicos na dinâmica de vida das abelhas solitárias. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade de Passo Fundo.

3.3 CAPÍTULO III: Dissimilaridade entre variáveis morfométricas de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando análise euclidiana

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Research, Society and Development.

Dissimilaridade entre variáveis morfométricas de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) utilizando análise euclidiana

Dissimilarity between morphometric variables of *Butia lallemantii* Deble & Marchiori and *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) using Euclidean analysis

Disimilitud entre variables morfométricas de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori y *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) mediante análisis euclidiano

Recebido: 12/07/2022 | Revisado: 26/07/2022 | Aceito: 28/07/2022 | Publicado: 06/08/2022

Maurício Ricardo de Melo Cogo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7212>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: mauriciocogo.aluno@unipampa.edu.br

Lurdes Zanchetta da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4911-9670>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: lurdesrosa.aluno@unipampa.edu.br

Dienifer Noetzold Blaskesi Silveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7978-2743>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: dienifersilveira.aluno@unipampa.edu.br

Bruna Lucia Laindorf

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9418-2567>
Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul
E-mail: laindorf@gmail.com

Andriéli Bacega

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5517-007X>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: andrielibacega.aluno@unipampa.edu.br

Natanael Lemos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9791-7346>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: natanaelsantos.aluno@unipampa.edu.br

Aline Mazoy Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8547-7013>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: alinelopes.aluno@unipampa.edu.br

Antônio Batista Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0368-4594>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: antoniopereira@unipampa.edu.br

Velci Queiroz de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6890-6015>
Universidade Federal do Pampa, Brasil
E-mail: velcisouza@unipampa.edu.br

Resumo

Objetivou-se identificar as variáveis morfométricas que contribuem para a dissimilaridade entre as espécies *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori utilizando análise euclidiana. Para tanto, foram utilizados 11 genótipos da espécie *B. exilata*, proveniente do município de Sarandi, RS (população 1) e 33 genótipos da espécie *B. lallemantii* provenientes dos municípios de São Francisco de Assis, RS (população 2), Manoel Viana, RS (população 3) e Alegrete, RS (população 4). Foram mensurados doze caracteres: altura da planta (AP),

comprimento da folha (CFA), comprimento do folíolo (CFO), número de folíolos (NFO), número de frutos por infrutescência (NFI), massa dos frutos (MF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do pirênio (MP), diâmetro longitudinal do pirênio (DLP), diâmetro equatorial do pirênio (DEP) e massa do mesocarpo (MM). Depois de calculadas as médias, os dados obtidos foram submetidos à análise multivariada utilizando a distância Euclidiana média no *software* Genes. O dendrograma obtido através do método de agrupamento da distância média UPGMA formou dois grupos. Um formado pela população 1 e outro grupo formado pelas populações 2, 3 e 4. O valor de correlação cofenética (CCC) encontrado foi de 0,9446, o que demonstrou um alto ajuste entre os dados da matriz de dissimilaridade e o dendrograma obtido pelo método (UPGMA). A variável MP apresentou maior contribuição para dissimilaridade, seguida da variável NFI, sucedida das variáveis DEF, MF e DLF.

Palavras-chave: Análise Multivariada; Palmeiras; Divergências Genéticas.

Abstract

The objective was to identify the morphometric variables that contribute to the dissimilarity between the species *Butia exilata* Deble & Marchiori and *Butia lallemantii* Deble & Marchiori using Euclidean analysis. For this purpose, 11 genotypes of the species *B. exilata*, from the city of Sarandi, RS (population 1) and 33 genotypes of the species *B. lallemantii* from the cities of São Francisco de Assis, RS (population 2), Manoel Viana, RS (population 3) and Alegrete, RS (population 4) were used. Twelve characters were measured: plant height (PH), leaf length (LL), leaflet length (CFO), number of leaflets (NFL), number of fruits per infructescence (NFI), fruit mass (FM), fruit longitudinal diameter (FLD), fruit equatorial diameter (FED), pyrenic mass (PM), pyrenic longitudinal diameter (PLD), pyrenic equatorial diameter (PED) and mesocarp mass (MM). After averaging, the data obtained were subjected to multivariate analysis using the average Euclidean distance in Genes *software*. The dendrogram obtained through the UPGMA mean distance clustering method formed two groups. One formed by population 1 and another group formed by populations 2, 3 and 4. The value of the cohenetic correlation (CCC) found was 0.9446, which showed a high adjustment between the data of the dissimilarity matrix and the dendrogram obtained by the method (UPGMA). The variable MP presented the greatest contribution to dissimilarity, followed by the variable NFI, successful by the variables FED, FM and FLD.

Keywords: Multivariate Analysis; Palms; Genetic Divergence.

Resumen

El objetivo fue identificar las variables morfométricas que contribuyen a la disimilitud entre las especies *Butia exilata* Deble & Marchiori y *Butia lallemantii* Deble & Marchiori mediante análisis euclidiano. Para esto, 11 genotipos de la especie *B. exilata*, del municipio de Sarandí, RS (población 1) y 33 genotipos de la especie *B. lallemantii* de los municipios de São Francisco de Assis, RS (población 2), Manoel Viana, RS (población 3) y Alegrete, RS (población 4). Se midieron doce caracteres: altura de planta (AP), largo de hoja (CFA), largo de folíolo (CFO), número de folíolos (NFO), número de frutos por infrutescencia (NFI), masa de fruto (MF), diámetro largo de fruto (DLF), diámetro ecuatorial del fruto (DEF), masa de pireno (MP), diámetro longitudinal de pireno (DLP), diámetro ecuatorial de pireno (DEP) y masa de mesocarpio (MM). Después de calcular los promedios, los datos obtenidos se sometieron a análisis multivariado utilizando la distancia euclidiana promedio en el software Genes. El dendrograma obtenido a través del método de agrupamiento de distancia media UPGMA formó dos grupos. Uno formado por la población 1 y otro grupo formado por las poblaciones 2, 3 y 4. El valor de correlación cofenética (CCC) encontrado fue de 0.9446, lo que mostró un alto ajuste entre los datos de la matriz de disimilitud y el dendrograma obtenido por el método (UPGMA). La variable MP presentó la mayor contribución a la disimilitud, seguida de la variable NFI, exitoso por las variables DEF, MF y DLF.

Palabras clave: Análisis Multivariante; Palmeras; Diferencias Genéticas.

3.3.1 Introdução

O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) compreende 21 espécies de palmeiras sul-americanas, das quais 20 são encontradas no Brasil (Ellert-Pereira, 2019). Apresenta um histórico de divergências taxionômicas devido à similaridade entre caracteres morfológicos em diferentes espécies e a presença de variações morfológicas dentro de populações (Deble, et al., 2011).

As análises biométricas permitem evidenciar informações importantes para a distinção de espécies do mesmo gênero (Cruz, et al., 2001) e auxiliam no entendimento sobre as variações morfológicas presentes em espécies do gênero *Butia* (Cogo, et al., 2022). Para Pozo, et al. (2020) o formato do fruto e da semente são características importantes na taxonomia, fornecendo informações sobre aspectos ecológicos e nutricionais. Além disso, a morfometria é muito utilizada no

reconhecimento de caracteres de interesse para programas de melhoramento genético em Arecaceae (Schlindwein, et al., 2019; Neves, 2021) e em pesquisas sobre processos de hibridação natural e artificial (Rosa et al., 2021). Para Eslabão, et al. (2018) há uma carência de dados biométricos para a comparação entre populações pertencentes ao gênero *Butia*.

As espécies *Butia lallemantii* Deble & Marchiori e *Butia exilata* Deble & Marchiori, são muito próximas morfologicamente e possuem variações dentro de suas populações (Deble, et al., 2011; Soares, et al., 2013). A espécie *B. lallemantii* é encontrada no bioma Pampa, com ocorrência em regiões com processo de arenização e em elevações areníticas. No Brasil, a espécie *B. lallemantii* ocorre nos municípios de Alegrete, Manoel Viana, São Francisco de Assis, Quaraí, Rosário do Sul e Santana do Livramento (Soares, et al., 2013). No Uruguai, há registros da espécie *B. lallemantii* no departamento de Rivera e Artigas em “cerros chatos” e “cornijas”, ambiente semelhante ao cerro do Jarau, em Quaraí, onde é descrita uma população de *B. lallemantii* (Alves & Marchiori, 2010). Até o reconhecimento como uma nova espécie do gênero *Butia* (Arecaceae), *B. lallemantii* era classificada como *Butia paraguayensis* (Deble & Marchiori, 2006). Entretanto, o reconhecimento de *B. lallemantii* como uma nova espécie de Arecaceae, pertencente ao gênero *Butia*, ocorreu após um estudo detalhado com diversas populações que evidenciou diferenças morfológicas que foram determinantes para a separação das duas espécies (Deble & Marchiori, 2006). A espécie *Butia exilata* Deble & Marchiori é encontrada no bioma Mata Atlântica, em uma pequena área ao redor e dentro do Parque Estadual do Papagaio Charão no município de Sarandi, RS, onde se encontra bastante ameaçada (Deble, et al., 2011; Wons, 2020). A etimologia do nome da espécie *B. exilata* vem do latim, que significa isolamento, referindo-se ao isolamento geográfico da espécie na região Norte do Rio Grande do Sul (Deble et al., 2011).

Ambas as espécies têm o hábito cespitoso e frutos com bicos esparsamente fibrosos (Deble et al., 2011). Segundo a descrição original da espécie *B. exilata* (Deble et al., 2011), as principais diferenças entre *B. exilata* e *B. lallemantii* são respectivamente: coloração da folha, (verde escura em *B. exilata* e verde acinzentada em *B. lallemantii*); formato e a coloração da espata (oblanceolada linear e coberta por um indumento marrom-avermelhado em *B. exilata* e ablanceolato e glabra em *B. lallemantii*); tamanho das flores pistiladas (12 a 18mm em *B. exilata* e 9mm a 11mm em *B. lallemantii*); formato do topo da planta (assimétrica em *B. exilata* e hemisférica em *B. lallemantii*) e exposição do tronco (tronco visível na base em *B. exilata* e tronco completamente coberto por folhas em *B. lallemantii*). Para Soares et al., (2013), a bráctea peduncular coberta por um indumento esbranquiçado ou acastanhado é a principal diferença que separa *B. exilata* das espécies *B. lallemantii* e *B. paraguayensis*, no entanto, o mesmo autor relata que existem variações nessa característica morfológica. Por apresentarem muitas variações dentro das populações não existe um consenso sobre as características morfológicas que contribuem para a distinção entre as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, o fato das espécies crescerem em regiões distantes, com condições fisionômicas e de solo diferentes, foi um dos principais fatores que preponderou no reconhecimento de *B. exilata* como uma nova espécie de Arecaceae do gênero *Butia* (Deble et al., 2011; Soares et al., 2013).

Assim, diante desses fatores que dificultam o entendimento sobre a delimitação taxonômica do gênero *Butia*, o objetivo do presente trabalho foi identificar as variáveis morfométricas que podem contribuir para dissimilaridade entre as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*, fornecendo informações que auxiliem na elucidação sobre as divergências taxonômicas encontradas neste gênero.

3.3.2 Metodologia

3.3.2.1 Área de estudo e espécies avaliadas

O estudo foi realizado em quatro populações do gênero *Butia*. A população 1 é proveniente do município de Sarandi, RS, (S 27°55'27.3" W 52°49'52.1"), próximo ao Parque Estadual do Papagaio Charão e é pertencente a espécie *B. exilata* (Figura 1B). As demais populações são pertencentes à espécie *B. lallemantii*, provenientes dos municípios: São Francisco de Assis, RS, população 2 (S 29°23'28.0" W 55°09'13.2"); Manoel Viana, RS, população 3 (S 29°35'34.8" W 55°22'30.7") e Alegrete, RS, população 4 (S 29°55'30.3" W 55°28'34.4") (Figura 1A).

Figura 1: A. Hábito *B. lallemantii*;

B. Hábito *B. exilata*.



Fonte: Autores (2022).

3.3.2.2 Variáveis morfométricas analisadas

Em cada população foram analisados 11 genótipos, totalizando 44 matrizes de estudo nas 4 populações. Para as análises estatísticas, foram utilizadas 12 variáveis morfométricas conforme ilustra a tabela 1.

Tabela 1 - Lista das 12 variáveis morfométricas analisadas.

| Variáveis morfométricas | | |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1 | altura da planta | AP (m) |
| 2 | comprimento da folha | CFA (m) |
| 3 | comprimento do folíolo | CFO (m) |
| 4 | número de folíolos | NFO |
| 5 | número de frutos por infrutescência | NFI |
| 6 | massa dos frutos | MF (g) |
| 7 | diâmetro longitudinal do fruto | DLF (mm) |
| 8 | diâmetro equatorial do fruto | DEF (mm) |
| 9 | massa do pirênio | MP (g) |
| 10 | diâmetro longitudinal do pirênio | DLP (mm) |
| 11 | diâmetro equatorial do pirênio | DEP (mm) |
| 12 | massa do mesocarpo | MM (g) |

Fonte: autores (2022)

As variáveis alturas da planta, comprimento da folha, comprimento do folíolo, número de folíolos, número de frutos por infrutescência, massa dos frutos, diâmetro longitudinal do fruto, diâmetro equatorial do fruto, massa do pirênio, diâmetro equatorial do pirênio e massa do mesocarpo, foram analisadas conforme metodologia aplicada em populações de *Butia* (Moura., et al 2010; Cogo., et al 2022).

3.3.2.3 Análise estatística

As medidas de dissimilaridade em relação aos dados morfométricos foram calculadas de acordo com o método Quadrado da Distância Euclidiana Média (Dias, 1998). Com os dados da matriz foi gerado um dendrograma através do método de agrupamento da distância média UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average*), utilizando dados padronizados e bootstrap de 400 vezes. O ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma foi estimado pelo coeficiente de correlação cofenética (r) conforme Sokal & Rohlf (1962). As análises estatísticas foram realizadas com o *software* GENES.

3.3.3 Resultados e Discussão

Na tabela 2 observa-se a contribuição relativa dos caracteres analisados para as divergências encontradas. Dentre as 12 variáveis utilizadas, a que mais contribuiu para separar as populações foi a variável massa do pirênio (MP), seguida da variável número de frutos por infrutescência (NFI), sucedida da variável diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do fruto (MF) e diâmetro longitudinal do fruto (DLF). As demais variáveis tiveram contribuições, porém, relativamente pequenas em comparação as essas que são componentes de fruto. Era esperado que tivesse um comportamento diferencial com relação aos componentes de folha e altura de planta, no entanto essas variáveis tiveram uma contribuição relativamente baixa para a separação das populações. Os componentes morfométricos do pirênio também demonstraram eficiência na verificação da dissimilaridade genética entre espécies do gênero *Butia* encontradas na região das Missões, Rio Grande do Sul (Kupski, 2021). Além disso, o resultado encontrado neste trabalho assemelham-se a outros estudos realizados com espécies pertencentes à família *Arecaceae*: a massa do pirênio, em estudo realizado sobre divergência genética, contribuiu na separação de populações de *Oenocarpus bacaba* Mart. (*Arecaceae*) (Maciel et al., 2016); a massa dos frutos contribuiu na divergência genética entre genótipos de *Astrocaryum vulgare* Mart. (Mendes & Oliveira., 2016), e entre genótipos de açazeiros, *Euterpe oleracea* Mart. (Oliveira & Oliveira., 2021).

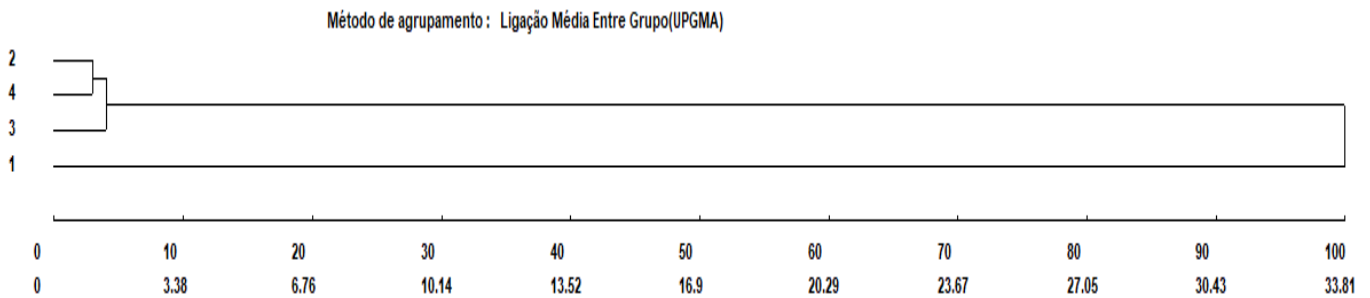
Tabela 2 - Contribuição relativa dos caracteres para as divergências entre 4 populações do gênero *Butia*.

| Variáveis analisadas | Valor (%) |
|--|-----------|
| AP: altura da planta | 0.9069 |
| CFA: comprimento da folha | 0.3753 |
| CFO: comprimento do folíolo | 0.2572 |
| NFO: número de folíolos | 0.0043 |
| NFI: número de frutos por infrutescência | 18.1502 |
| MF: massa dos frutos | 17.3628 |
| DLF: diâmetro longitudinal do fruto | 16.6308 |
| DEF: diâmetro equatorial do fruto | 17.9511 |
| MP: massa do pirênio | 21.4990 |
| DLP: diâmetro longitudinal do pirênio | 3.0758 |
| DEP: diâmetro equatorial do pirênio | 2.5969 |
| MM: massa do mesocarpo | 1.1897 |

Fonte: autores (2022)

Na figura 2 observa-se um dendrograma representado pelo método de agrupamento: ligação média entre grupos (UPGMA), no qual fica evidenciada a formação de dois grupos. Um grupo formado pelas populações 2, 3 e 4, e outro grupo isolado, formado pela população 1. Mesmo havendo semelhanças morfológicas entre as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii* e variações dentro das populações, foi possível constatar a separação das espécies por meio das variáveis analisadas.

Figura 2 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 44 matrizes e baseadas em 12 variáveis, Coeficiente de Correlação Cofenética (0,9446).



Fonte: autores (2022).

O agrupamento formado pelo método de agrupamento: ligação média entre grupos (UPGMA) geraram um valor do coeficiente de correlação cofenética (0,9446), graus de liberdade (4), valor de t (5,7541), probabilidade (0,5721), distorção (0,122%) e estresse (3,4925%) apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação cofenética, graus de liberdade, valores de t, probabilidade, distorção (%) e estresse (%).

| | |
|---|-----------|
| Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC): | 0,9446 |
| Graus de liberdade | 4 |
| Valor de t | 5,7541 |
| Probabilidade | 0,5721 ** |
| Distorção (%): | 0,122 |
| Estresse (%): | 3,4925 |

Fonte: autores (2022)

Observa-se que o valor encontrado do (CCC) foi de 0,9446, o que demonstra um alto ajuste entre os dados da matriz de dissimilaridade e o dendrograma obtido pelo método (UPGMA).

3.3.4 Considerações Finais

Apesar da semelhança morfológica entre as duas espécies analisadas, o estudo constatou a separação das quatro populações em dois grupos distintos: um representado pela espécie *B. exilata* (população 1), e o outro grupo reuniu as populações 2, 3 e 4, que é representado pela espécie *B. lallemantii*.

A massa do pirênio (MP) foi a variável que mais contribuiu para separação das espécies, seguida respectivamente pelas variáveis, número de frutos por infrutescência (NFI), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do fruto (MF) e diâmetro longitudinal do fruto (DLF).

A utilização de análises morfométricas, principalmente utilizando os componentes de frutos, são elementos importantes para estudos de dissimilaridades entre as espécies do gênero *Butia* e se constituem em importantes possibilidades na solução da dificuldade na delimitação taxonômica do gênero. Estudos futuros sobre dissimilaridade utilizando caracteres morfométricos poderão ser estendidos para as demais espécies pertencentes ao gênero *Butia*.

3.3.5 Referências

- Alves, F. D. S. & Marchiori, J. N. C. (2010). Nota sobre a ocorrência natural do butiá-anão (*Butia lallemantii* deble & marchiori) no cerro do Jarau, Quaraí - Rio Grande do Sul. *Balduinia*, n. 24, p. 30-32, 30-IX-2.
- Cogo, M. R. M.; Rosa, L. Z.; Silveira, D. N. B.; Bacega, A.; Santos, N. L.; Lopes, A. M. & de Souza, V. Q. (2022). Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) usando dados morfométricos. *Research, Society and Development*, 11(8), 1-12. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30733>.
- Cruz, C. D. (1998). Programa Genes: Aplicativo computacional em estatística aplicada à genética (GENES-Software for Experimental Statistics in Genetics) Genet Mol Biol.
- Cruz, Cosme Damião (2016). Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, p. 547-552.
- Cruz, E. D.; Martins, F.O. & Carvalho, J. E. U. (2001). Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke), Leguminosae – Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*. 24(2):161-165.
- Deble, L. P.; Marchiori, J. N. C.; Alves, F. D. S. & Oliveira-Deble, A. D. (2011). Survey on *Butia* (Becc.) Becc.(Arecaceae) from Rio Grande do Sul state (Brazil). *Balduinia*, 30, 03-24.
- Deble, L. P. & Marchiori, J. N. C. (2006). *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. *Balduinia*, n. 9, p. 01-03.
- Dias, L. A. S. (1998). Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins. *Viçosa: Editora UFV*, p. 405-475.
- Eslobão, M.; Silveira, T.; Barbieri, R. L. & Heiden, G. (2018). Biometria de endocarpos de *Butia* (Arecaceae) do Rio Grande do Sul. Conference: II Encontro Internacional da Rota dos Butiazais At: Embrapa Clima Temperado – Pelotas / RS.
- Fundação zoobotânica rs. (2014). Lista da Flora Gaúcha Ameaçada de Extinção. Recuperado de http://www.mcn.fzb.rs.gov.br/upload/20141208161010anexo_i_taxons_da_flora_nativa_do_estado_rio_grande_do_sul_ameacadas_de_extincao_1_.pdf
- Kupski, G. (2021). *Caracterização de frutos, biometria dos endocarpos e dissimilaridade de butiazeiros na região das Missões*. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Maciel, A. R. N. A.; Oliveira, M. S. P.; & Sousa, T. S. (2016). Divergência genética entre populações de *Oenocarpus bacaba* de diferentes locais do Pará para caracteres de frutos. *Simpósio de Fruticultura Sustentável no Nordeste Paraense*. Universidade Federal Rural da Amazônia.
- Mendes, G. & Oliveira, M. (2016). Dissimilaridade genética entre genótipos de tucumazeiro selecionados para alto teor de óleo na polpa por caracteres de cacho. *VIII Encontro Amazônico de Agrárias*. Universidade Federal Rural da Amazônia. – Belém / PA.
- Moura, R. C. D.; Lopes, P. S. N.; Brandão Junior, D. D. S.; Gomes, J. G. & Pereira, M. B. (2010). Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica*, 10, 415-419. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200040>.
- Neves, G. F. (2021). *Caracterização de populações naturais de Licuri, Syagrus coronata (Mart.) Becc.(Arecaceae): Pré-melhoramento e conservação da espécie*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 80 p.
- Oliveira, F. L. D. S. D. & Oliveira, L. S. D. (2021). *Dissimilaridade de características morfológicas entre tipos de açazeiro (Euterpe oleracea Mart.) em Capitão Poço, PA*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia.
- Ellert-Pereira, P. E. (2019). *Filogenia de Butia (Arecaceae): um gênero de palmeiras sul-americano*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. 74 f.
- Pozo, G.; Gómez, J. J. M.; Tocino, A., & Cervantes, E. (2020). Seed geometry in the Arecaceae. *Horticulturae*, 6(4), 64. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040064>.
- Rosa, L. Z.; Almeida, C. G. M.; Brasil, A. M. A.; Laindorf, B. L.; Cogo, M. R. M., Kuhn, S. A.; Bacega, A.; Santos, N. L.; Silveira, D. N. B.; Cassol, A. P. V.; Pereira, A. B. & de Souza, V. Q. (2021). A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyragrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste. *Research, Society and Development*, 10(14). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.221042>.

- Schindwein, G.; Tonietto, A. & Witter, S. (2019). Início da produção de frutos em progênes de butiazeiro (*Butia odorata*). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 25(3), 156-163.
- Soares, K. P. (2013). *O gênero Butia (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de Butia yatay (Mart.) E Butia Witeckii*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. 142 f.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F.J. (1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, Austria, 11: 33-40.
- Wons, F. (2020). *Avaliação do estado de conservação de Butia exilata e o impacto dos agrotóxicos na dinâmica de vida das abelhas solitárias*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo. 90 f.

3.4 CAPÍTULO IV: Diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Research, Society and Development.

Diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa

Genetic diversity of *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) based on morphometric data from three natural populations occurring in the Pampa biome

Diversidad genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) a partir de datos morfométricos de tres poblaciones naturales presentes en el bioma pampeano

Recebido: 12/07/2022 | Revisado: 24/07/2022 | Aceito: 27/07/2022 | Publicado: 06/08/2022

Maurício Ricardo de Melo Cogo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7212>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: mauriciocogo.aluno@unipampa.edu.br

Lurdes Zanchetta da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4911-9670>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: lurdesrosa.aluno@unipampa.edu.br

Dienifer Noetzold Blaskesi Silveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7978-2743>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: dienifersilveira.aluno@unipampa.edu.br

Bruna Lucia Laindorf

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9418-2567>

Secretaria Estadual de Educação do Rio Grande do Sul

E-mail: laindorfb@gmail.com

Andriéli Bacega

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5517-007X>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: andrielibacega.aluno@unipampa.edu.br

Natanael Lemos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9791-7346>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: natanaelsantos.aluno@unipampa.edu.br

Aline Mazoy Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8547-7013>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: alinelopes.aluno@unipampa.edu.br

Antônio Batista Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0368-4594>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: antoniopereira@unipampa.edu.br

Velci Queiroz de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6890-6015>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: velcisouza@unipampa.edu.br

Resumo

Butia lallemantii Deble & Marchiori é uma palmeira anã típica de regiões arenosas e de elevações areníticas do bioma Pampa. Apresenta potencial econômico e uma grande importância ecológica. No entanto, as informações científicas ainda são insuficientes para utilização da espécie em programas de melhoramento genético e conservação. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi quantificar a diversidade genética dentro e entre populações de *B. lallemantii*. Para isso, foram utilizadas três populações: São Francisco de Assis (1), Manoel Viana (2) e Alegrete (3). Dentro de cada população, foram avaliadas as seguintes características: massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do pirênio (MP), diâmetro longitudinal do pirênio (DLP), diâmetro equatorial do pirênio (DEP) e massa do mesocarpo (MM). Na análise entre populações, além dos componentes de frutos, foi avaliada a altura da planta (AP), comprimento da folha (CFA), comprimento do folíolo (CFO), número de folíolos (NFO), número de frutos por infrutescência (NFI). As variáveis que mais contribuíram para a diversidade

genética dentro e entre as populações foram MF, MP e MM. Houve maior diversidade genética dentro das populações do que entre as populações. O DLF foi a variável que apresentou maiores valores de correlações dentro das populações e o DLF e DLP foram as variáveis com maiores valores de correlações entre as populações. Os métodos de agrupamentos permitiram identificar populações e genótipos divergentes, que poderão ser utilizados em pesquisas de melhoramento e conservação da espécie.

Palavras-chave: Divergências Genéticas; Gênero *Butia*; Rede de Correlações; Análise Multivariada.

Abstract

Butia lallemantii Deble & Marchiori is a dwarf palm tree typical of sandy regions and sandy elevations of the Pampa biome. Presents economic potential and a great ecological importance. However, the scientific information is still insufficient to use the species in genetic improvement and conservation programs. In this sense, the objective of the study was to quantify the genetic diversity within and between populations of *B. lallemantii*. For this three populations were used, São Francisco de Assis (1), Manoel Viana (2) and Alegrete (3). Within each population, fruit mass (FM), longitudinal diameter of the fruit (LDF), equatorial diameter of the fruit (EDF), pyrenic mass (PM), longitudinal diameter of the pyrenic (LDP), equatorial diameter of the pyrenic (EDP) and mesocarp mass (MM) were evaluated. In the analysis between populations, besides the fruit components, plant height (PH), leaf length (LL), leaflet length (LL), number of leaflets (NFL), number of fruits per infructescence (NFI) were evaluated. The variables that contributed the most to genetic diversity within and between populations were FM, PM, and MM. There is greater genetic diversity within populations than between populations. The LDF was the variable that presented the highest values of correlations within populations and LDF and LDP were the variables with the highest values of correlations between populations. The clustering methods allow the identification of divergent populations and genotypes that can be used in breeding research and conservation of the species.

Keywords: Genetic divergences; *Butia* genus; Correlation Network; Multivariate Analysis.

Resumen

Butia lallemantii Deble & Marchiori es una palmera enana típica de regiones arenosas y elevaciones de arenisca del bioma pampeano. Tiene potencial económico y gran importancia ecológica. Sin embargo, la información científica aún es insuficiente para utilizar la especie en programas de mejoramiento genético y conservación. En este sentido, el objetivo del estudio fue cuantificar la diversidad genética dentro y entre las poblaciones de *B. lallemantii*. Para ello, se utilizaron tres poblaciones, São Francisco de Assis (1), Manoel Viana (2) y Alegrete (3). Dentro de cada población se evaluó la masa de fruto (MF), diámetro longitudinal de fruto (DLF), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), masa de pireno (MP), diámetro longitudinal de pireno (DLP), diámetro ecuatorial de pireno (EPD) y masa de mesocarpio (MM). En el análisis entre poblaciones, además de los componentes del fruto, se evaluó la altura de planta (AP), longitud de hoja (CFA), longitud de folíolo (CFO), número de folíolos (NFO), número de frutos por infrutescencia (NFI). Las variables que más contribuyeron a la diversidad genética dentro y entre poblaciones fueron MF, MP y MM. Existe una mayor diversidad genética dentro de las poblaciones que entre poblaciones. La DLF fue la variable que presentó mayores valores de correlaciones dentro de las poblaciones y la DLF y DLP fueron las variables con mayores valores de correlaciones entre las poblaciones. Los métodos de agrupamiento permiten la identificación de poblaciones y genotipos divergentes que pueden ser utilizados en investigaciones para el mejoramiento y conservación de la especie.

Palabras clave: Divergencias Genéticas; Género *Butia*; Red de Correlaciones; Analisis Multivariable.

3.4.1 Introdução

B. lallemantii é uma espécie pertencente ao gênero *Butia* (Becc.)Becc. (Arecaceae), com ocorrência associada a áreas em processo de arenização e em elevações areníticas no Bioma Pampa (Deble & Marchiori., 2006). Sua distribuição no Brasil limita-se a populações isoladas, nos municípios de Alegrete, Manoel Viana, São Francisco de Assis, Quaraí, Rosário do Sul e no norte do Uruguai (Soares et al., 2013).

De acordo com a lista de táxons ameaçados de extinção da flora nativa do estado do Rio Grande do Sul, a espécie *B. lallemantii* está categorizada “em perigo de extinção” (Fundação Zoobotânica do RS, 2014). A geração de informações relacionadas à diversidade genética, em populações naturais de *Butia* no Bioma Pampa, pode auxiliar a proposição de estratégias para conservação *in situ* e *ex situ*, associadas ao manejo sustentável das espécies do gênero (Mistura, 2013). Para Büttow et al. (2010), são insuficientes as informações científicas a respeito de espécies deste gênero, que possam colaborar

para a sua utilização em programas de conservação e melhoramento. Além disso, os estudos sobre a diversidade genética em *Arecaceae* são necessários, para compreender suas características morfofisiológicas adaptadas às condições ecológicas (Rosa et al., 2021) e o esclarecimento sobre a diversidade genética, essenciais para entender suas características ecológicas, como as delimitações de agrupamentos e a composição das populações (Laindorf, et al., 2018).

Os butiazeiros desempenham função importante na conservação da biodiversidade e na manutenção dos ecossistemas onde são encontrados: suas flores atraem polinizadores, os frutos servem de alimento para animais, e devido à diversidade de aves e mamíferos participantes desta relação, favorece a dispersão de sementes, que contribuem para a manutenção populacional (Kupski, 2021). Além disso, o fruto é consumido *in natura*, utilizado na produção de sucos, licores, geleias, sorvetes, bolos, bombons, além de outras sobremesas; as folhas são utilizadas na confecção de cestos, porta objetos; a polpa seca pode ser utilizada no preparo de licores ou transformada em papel reciclável (Büttow, 2008). Entretanto, para melhor utilização dos butiazeiros, é necessário que sejam realizados estudos sobre a caracterização genética de suas espécies.

A utilização de dados biométricos em estudos, com o propósito de quantificar a diversidade genética em *Arecaceae*, é reconhecida. O uso deste procedimento metodológico, com resultados promissores, é demonstrado em vários estudos como, por exemplo, os trabalhos realizados por Oliveira et al. (2007); Silva (2017); Mendes et al. (2019); Bispo et al. (2020); Neves (2022). Entretanto, apesar da importância social e econômica, a dificuldade na delimitação taxonômica e o reconhecimento da vulnerabilidade à extinção das espécies do gênero *Butia*, há carência no desenvolvimento de trabalhos que busquem elucidar questões sobre a diversidade genética em populações deste gênero, por meio de características biométricas. Eslabão et al. (2018) destaca que existem poucas informações científicas disponíveis sobre a utilização de dados biométricos para comparações entre populações do gênero *Butia*.

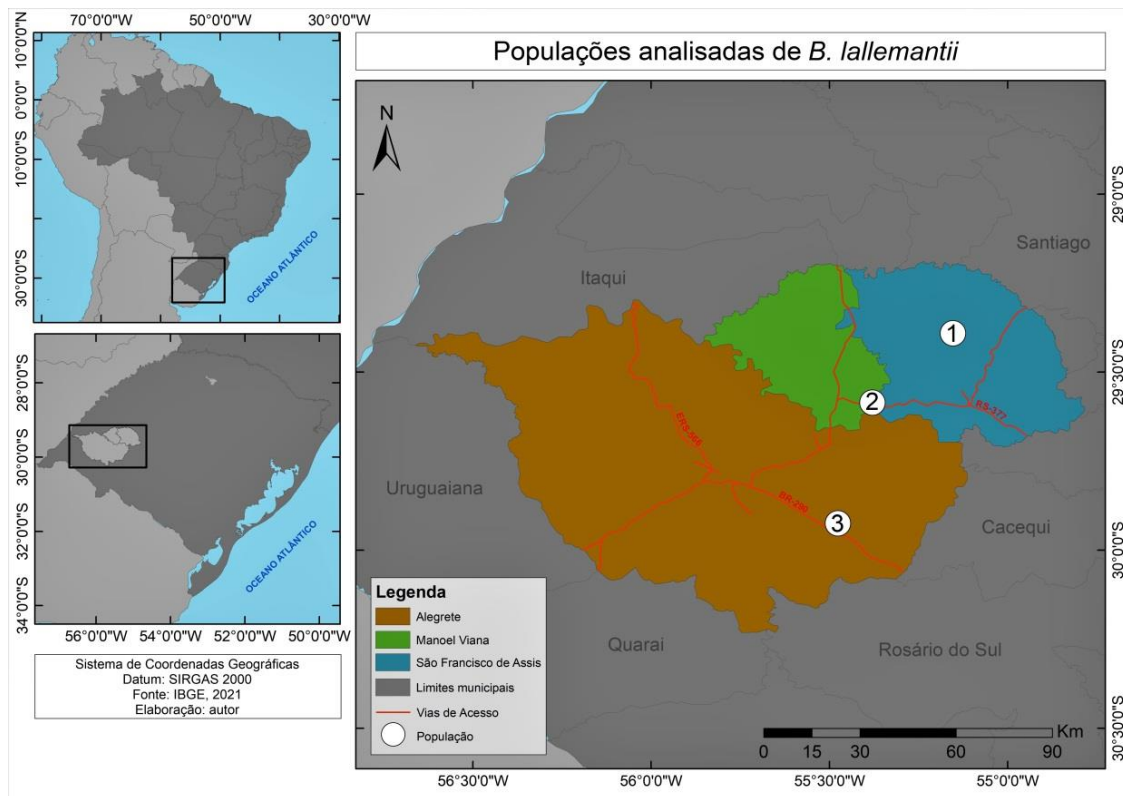
Sabe-se que estudos de diversidade genética com base em dados biométricos não representam custo elevado. Entretanto, a utilização destes dados em análises univariadas geram dificuldades na obtenção de estimativas de divergências genéticas (Oliveira et al., 2007). Uma análise univariada pode não explicar o fenômeno em investigação, pois avaliam-se as ações isoladas de cada variável do desfecho em estudo (Leme et al., 2020). Contudo, a utilização de análise multivariada está sempre em expansão e engloba um vasto domínio de possíveis situações de pesquisa (Hair et al., 2009). Neste sentido, a utilização de análises de rede se constitui em uma técnica estatística de fácil visualização e interpretação das associações entre múltiplas variáveis (Leme et al., 2020). Grupos divergentes podem ser identificados por métodos de agrupamentos, baseados em similaridade e dissimilaridade (Mendes et al., 2019).

Assim, o presente trabalho teve, por objetivo, inferir sobre a diversidade genética entre genótipos de três populações naturais de *B. lallemantii*, da região sudoeste do Rio Grande do Sul, bioma Pampa, Brasil, com base em dados biométricos.

3.4.2 Metodologia

A mensuração das características vegetativas e a coleta dos frutos dos genótipos de *B. lallemantii* foram realizadas em três áreas distintas do bioma Pampa do Rio Grande do Sul, Brasil. A área 1 está localizada no município de São Francisco de Assis (S 29°23'28.0" W 55°09'13.2"); a área 2, no município de Manoel Viana (S 29°59'13" W 55°37'08"); e a área 3, no município de Alegrete (S 29°02'59" W 55°47'71") (Figura 1). O clima da região é do tipo Cfa (na classificação de Köppen) (Kuinchner & Buriol., 2001), com temperatura média anual de 19,1 °C, precipitação anual de aproximadamente 1500 mm e a umidade relativa do ar de aproximadamente 75% (INMET).

Figura 1 - Mapa com a localização das três populações analisadas de *B. lallemantii*



Fonte: autores (2022)

Os genótipos selecionados em cada área de coleta de *B. lallemantii* foram georreferenciados, caracterizados e coletados (figura 2D). Os frutos foram acondicionados em sacos plásticos com a identificação e posteriormente armazenados em caixas térmicas para o transporte até o laboratório de química do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete, em Alegrete, RS, onde foi realizada a mensuração e quantificação dos dados dos frutos.

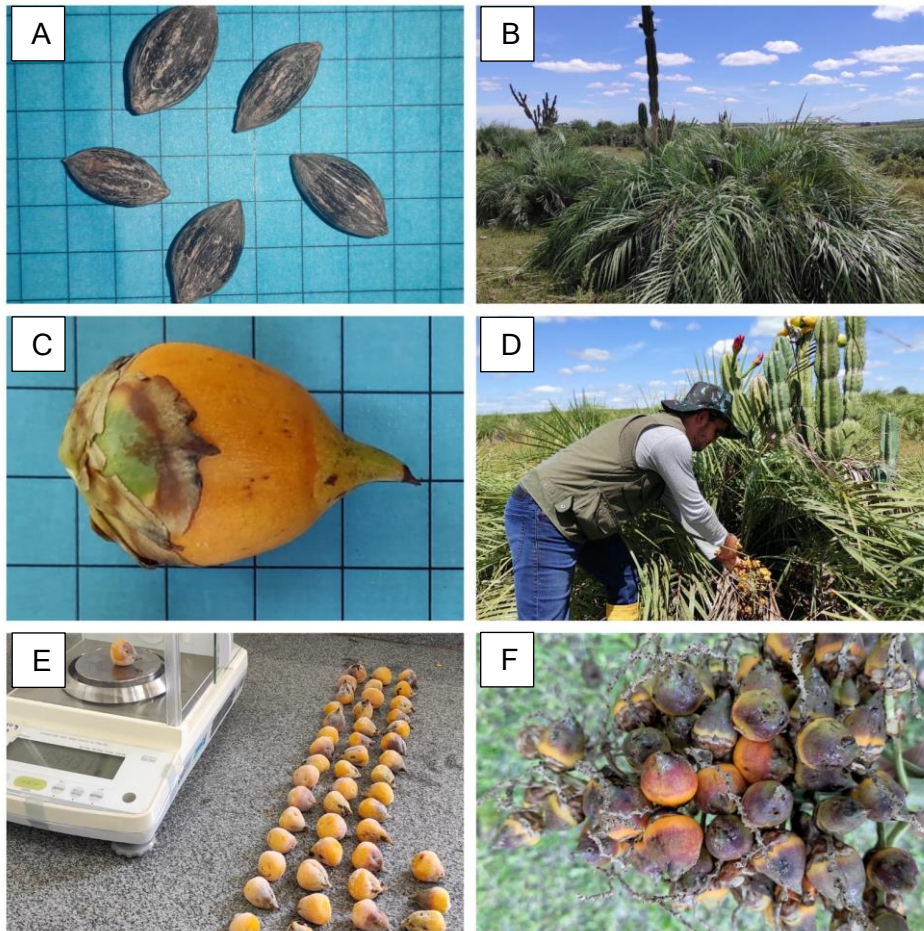
Quanto às análises, a massa do fruto e do pirênio foi determinada por meio de uma balança analítica (0,0001g) (figura 2E). A quantificação da massa do mesocarpo foi determinada pela diferença entre a massa do fruto com a massa do pirênio. O diâmetro longitudinal e equatorial do fruto e do pirênio foram mensurados por meio de um paquímetro digital (mister) 150mm.

O projeto estatístico utilizado neste trabalho foi inteiramente ao acaso, com uma análise dentro de cada população e outra análise que reuniu o conjunto das três populações. Na primeira análise, foram avaliados 14 frutos em cada um dos 11 genótipos dentro de cada população, cujas variáveis testadas foram massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do pirênio (MP), diâmetro longitudinal do pirênio (DLP), diâmetro equatorial do pirênio (DEP) e massa do mesocarpo (MM). Na segunda análise, utilizando as três populações, foram avaliados 33 genótipos, cujas variáveis altura da planta (AP), comprimento da folha (CFA), comprimento do folíolo (CFO), número de folíolos (NFO), número de frutos por infrutescência (NFI), massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do pirênio (MP), diâmetro longitudinal do pirênio (DLP), diâmetro equatorial do pirênio (DEP) e massa do mesocarpo (MM) foram testadas.

Para a testagem da variabilidade genética entre os genótipos foi utilizada a análise de variância (ANOVA), com o teste F (teste de Fisher) a 1% e 5% de probabilidade. Também foram analisados os parâmetros genéticos: coeficiente de variação residual (CV_e), coeficiente de variação genética (CV_g) e herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}), conforme

metodologia aplicada por Mendes et al. (2019), em uma população de *Oenocarpus distichus* Mart. A análise estatística foi realizada no *software* Genes.

Figura 2 - A) dimensões do pirênio; B) hábito de *B. lallemantii*; C) dimensões do fruto; D) coleta dos frutos; E) determinação da massa dos frutos; F) infrutescência de *B. lallemantii*.



Fonte: autores (2022)

O diagnóstico de multicolinearidade foi realizado a fim de testar possíveis relações lineares nas matrizes de correlações residuais. Essa análise permite remover variáveis consideradas redundantes que podem interferir no resultado (Caixeta, et al., 2003). A magnitude e a fonte da multicolinearidade foram analisadas pelos métodos de Autovalores e Autovetores; Número de Condições (NC); Matrizes de Correlação e Fatores de Inflação de Variação (VIF) utilizando o *software* Genes. Os autovalores indicam a quantidade de variância explicada por cada fator, e os componentes dos autovetores são os pesos das características para explicar a variância determinada pelo autovalor associado (Olivoto et al., 2017). O número de condições (NC) foi obtido pela razão entre o maior e o menor autovalor na matriz de correlação. O grau de multicolinearidade é considerado fraco quando o valor de NC for menor que 100; moderado a forte, quando o valor do NC estiver entre 100 a 1000; e severo, quando o valor do NC for superior a 1000. Na matriz de correlação, é possível observar o determinante da matriz (DM): valores de DM próximos a zero indicam graves problemas de multicolinearidade (Mendes et al., 2019). Os Fatores de Inflação de Variação (VIF) também podem ser usados para detectar a existência de multicolinearidade. É indicada a exclusão de variáveis com valores de VIF superiores a 10, pois evidenciam que os coeficientes de regressão associados a estes valores são influenciados pela multicolinearidade (Mendes et al., 2019).

As redes de correlações fenotípicas foram avaliadas por matrizes ponderadas, em que se avalia a magnitude das relações, ou seja, quanto mais espessas suas arestas de conexão entre os nodos, maior será a relação entre elas, e direcionais, com uma seta nas extremidades das arestas, que indica uma via de influência. O posicionamento dos nodos na rede de correlação indica a intensidade das relações. Nodos mais próximos tem maior relação entre variáveis. As redes de correlações fenotípicas foram avaliadas com o pacote estatístico *qgraph* no *software* Genes associado com o programa estatístico R. O objetivo do pacote estatístico *qgraph* é apresentar gráficos não esparsos e ponderados com recursos mais avançados de visualização de redes com múltiplos nodos.

A formação dos grupos de dissimilaridades, gerados pelo método de Tocher, entre os genótipos das três populações de *B. lallemantii* foram evidenciadas com base na distância generalizada de Mahalanobis. O dendrograma foi gerado por meio do método de agrupamento da distância média UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average*) a partir dos dados da matriz. Para verificar o ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma obtido, foi estimado o Coeficiente de Correlação Cofenética (r) conforme Sokal & Rohlf (1962).

3.4.3 Resultados e Discussão

Na tabela 1 pode-se constatar que todas as características morfométricas demonstraram variabilidade genética, com resultados significativos por meio do teste F em 1%, e com coeficientes de variação residual entre 5.155 (DLF) a 23.259 (MP) na área 1, entre 7.595 (DLF) a 25.280 (MP) na área 2 e entre 6.660 (DLF) a 22.100 (MP) na área 3.

Tabela 1 – Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de três populações de *B. lallemantii*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM); genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); **Significativo em 1% por teste F.

| | GMS | RMS | Média | CVe(%) | CVg(%) | CVg/Cve | H^2_{mp} |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|
| Área 1 - São Francisco de Assis | | | | | | | |
| MF(g) | 45.516** | 1.707 | 7.511 | 17.396 | 23.549 | 1.353 | 96.248 |
| DLF(mm) | 194.555** | 2.884 | 32.940 | 5.155 | 11.232 | 2.178 | 98.517 |
| DEF(mm) | 45.250** | 3.337 | 21.127 | 8.646 | 8.189 | 0.947 | 92.625 |
| MP(g) | 9.465** | 0.136 | 1.587 | 23.259 | 51.425 | 2.211 | 98.559 |
| DLP(mm) | 153.189** | 2.368 | 22.877 | 6.742 | 14.378 | 2.132 | 98.453 |
| DEP(mm) | 33.846** | 1.439 | 12.272 | 9.776 | 12.397 | 1.268 | 95.746 |
| MM(g) | 23.355** | 1.294 | 5.924 | 19.203 | 21.189 | 1.103 | 94.458 |
| Área 2 - Manoel Viana | | | | | | | |
| MF(g) | 50.531** | 1.269 | 7.476 | 15.068 | 25.090 | 1.665 | 97.488 |
| DLF(mm) | 149.789** | 5.899 | 31.977 | 7.595 | 10.025 | 1.319 | 96.061 |
| DEF(mm) | 72.304** | 3.388 | 21.196 | 8.684 | 10.467 | 1.205 | 95.312 |
| MP(g) | 1.114** | 0.896 | 1.184 | 25.280 | 22.812 | 0.902 | 91.935 |
| DLP(mm) | 53.155** | 2.704 | 18.336 | 8.968 | 10.352 | 1.154 | 94.912 |
| DEP(mm) | 14.151** | 1.233 | 10.677 | 10.403 | 8.996 | 0.864 | 91.280 |
| MM(g) | 41.567** | 0.962 | 6.292 | 15.588 | 27.066 | 1.736 | 97.685 |
| Área 3 - Alegrete | | | | | | | |
| MF(g) | 22.815** | 0.845 | 5.673 | 16.205 | 22.080 | 1.362 | 96.294 |
| DLF(mm) | 123.841** | 3.904 | 29.669 | 6.660 | 9.865 | 1.481 | 96.847 |
| DEF(mm) | 106.889** | 16.091 | 20.213 | 19.845 | 12.598 | 0.634 | 84.945 |
| MP(g) | 1.166** | 0.047 | 0.983 | 22.100 | 28.758 | 1.301 | 95.952 |
| DLP(mm) | 182.921** | 1.887 | 17.681 | 7.769 | 20.337 | 2.617 | 98.968 |
| DEP(mm) | 134.887** | 1.153 | 10.780 | 9.962 | 28.669 | 2.877 | 99.144 |
| MM(g) | 16.842** | 0.633 | 4.690 | 16.965 | 22.941 | 1.352 | 96.240 |

Fonte: autores (2022).

A presença de variabilidade genética pode ser confirmada e quantificada pelo valor do coeficiente de variação genética (Resende, 1991) e, coeficientes de variação genética acima de 7% são considerados altos (Sebbenn et al., 1998). Os valores dos coeficientes de variação genética dentro das populações foram todos superiores a 7%, com destaque para MF (23.549%), MP (51.425%) e MM (21.189%) na área 1, MF (25.090%), MP (22.812) e MM (27.066%) na área 2, e MF (22.080), MP (28.758%), DLP (20.337%), DEP (28.669%) E MM (22.941) na área 3, que confirmaram a variação genética entre genótipos de *B. lallemantii*. A área 3, considerada a maior população analisada, obteve maiores valores de coeficientes de variação genética neste estudo. Os resultados encontrados em relação às variáveis morfométricas, com maior coeficiente de variação assemelharam-se aos resultados encontrados em estudos com *O. distichus*, palmeira nativa da Amazônia (Mendes et al., 2019; Maciel et al., 2022). Observou-se que a relação do CVg/Cve na maioria das variáveis analisadas foi superior a 1, exceto DEF na área 1, MP e DEP na área 2 e DEF na área 3. A herdabilidade da média de procedências variou entre 92.625% a 98.559% na área 1, entre 91.280% a 97.685% na área 2, e entre 84.945% a 99.144% na área 3. Os valores médios das características biométricas são dados complementares.

Na tabela 2, observou-se as matrizes de correlação biométrica de cada uma das três populações. Em todas as populações, o número de condições (NC) encontrado foi entre 100 a 1000 (Pop. 1 = 158.915; Pop. 2 = 155.315 e Pop. 3 = 652.693), considerado entre moderado a forte, com necessidade de ajustes para contornar os efeitos da multicolinearidade. Os valores mais altos dos autovetores associados aos autovalores, destacados em negrito, indicaram que as variáveis MP na população 1, DEF na população 2, e MP e DEF na população 3 foram responsáveis pelos efeitos da multicolinearidade. Os resultados foram diferentes aos encontrados por Mendes et al. (2019), em que MF e MM foram as variáveis responsáveis pelos efeitos da multicolinearidade em populações de *O. distichus*.

Tabela 2 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a sete caracteres morfológicos de frutos de três áreas de ocorrência de *B. lallemantii*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo.

| VIF | V.P | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | | |
|----------|---------|--|--------|--------------|--------------|--------|--------|--------|
| | | Área 1 - São Francisco de Assis | | | | | | |
| | | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 0.038 | 81.980 | 0.443 | 0.575 | 0.451 | 0.018 | 0.419 | 0.273 | 0.138 |
| 0.056 | 11.120 | -0.191 | -0.528 | 0.188 | 0.059 | 0.144 | 0.687 | 0.393 |
| -0.006 | 4.850 | -0.048 | -0.409 | 0.176 | -0.096 | 0.754 | -0.337 | -0.328 |
| -0.360 | 2.750 | -0.095 | -0.102 | 0.548 | -0.008 | -0.183 | -0.551 | 0.586 |
| 0.045 | 0.520 | 0.003 | -0.002 | -0.095 | 0.982 | 0.116 | -0.106 | 0.039 |
| 0.271 | -1.720 | -0.046 | -0.110 | 0.643 | 1.149 | -0.394 | 0.147 | -0.611 |
| 1.000 | -16.400 | 0.868 | -0.449 | -0.085 | 0.002 | -0.182 | -0.060 | 0.029 |
| VIF | V.P | Área 2 - Manoel Viana | | | | | | |
| | | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| -0.592 | 108.740 | 0.456 | 0.540 | 0.467 | 0.030 | 0.424 | 0.241 | 0.209 |
| 0.165 | 12.700 | -0.163 | -0.548 | -0.004 | 0.065 | 0.299 | 0.566 | 0.510 |
| 0.063 | 5.960 | -0.052 | -0.439 | 0.418 | -0.077 | 0.568 | -0.460 | -0.299 |
| 0.223 | 1.590 | 0.011 | -0.034 | 0.045 | 0.991 | -0.011 | -0.030 | -0.118 |
| 0.036 | -0.700 | -0.078 | -0.176 | 0.763 | -0.038 | -0.607 | 0.098 | 0.043 |
| -0.653 | -1.640 | -0.023 | 0.047 | 0.001 | 0.074 | -0.061 | -0.630 | 0.769 |
| 1.000 | -15.600 | 0.870 | -0.426 | -0.152 | -0.022 | -0.189 | -0.056 | -0.006 |
| VIF | V.P | Área 3 - Alegrete | | | | | | |
| | | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 7715.412 | 82.120 | 0.459 | 0.569 | 0.485 | 0.021 | 0.393 | 0.227 | 0.157 |
| 0.918 | 10.560 | -0.154 | -0.485 | -0.056 | 0.091 | 0.455 | 0.470 | 0.549 |
| -0.881 | 4.130 | 0.070 | 0.257 | -0.181 | 0.157 | -0.360 | -0.340 | 0.792 |
| 7597.983 | 1.270 | -0.010 | 0.384 | -0.505 | -0.029 | -0.301 | 0.708 | -0.066 |
| 0.425 | 0.590 | -0.024 | -0.033 | 0.122 | 0.968 | -0.109 | 0.083 | -0.165 |
| 0.406 | -0.130 | -0.085 | -0.214 | 0.651 | -0.168 | -0.615 | -0.321 | 0.117 |
| -714.286 | -14.760 | 0.870 | -0.430 | -0.190 | 0.000 | -0.170 | 0.030 | -0.040 |

Fonte: autores (2022).

Na tabela 3, após a exclusão das variáveis responsáveis pela multicolinearidade, apresenta-se a nova matriz de correlação com NC inferior a 100 (Pop. 1 = 48.890; Pop. 2 = 53.791 e Pop. 3 = 82.828). A observação dos fatores de inflação da variância (VIF) se caracteriza como outra forma de detectar a existência da multicolinearidade. Valores de VIF superiores a 10 são suficientes para que os coeficientes de regressão associados a estes valores sejam altamente influenciados pela multicolinearidade, e que essas variáveis devem ser desconsideradas na análise (Mendes et al., 2019). Após eliminação das variáveis todos os valores de VIF encontrados nas três populações foram inferiores a 10.

Tabela 3 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados de três áreas de ocorrência de *B. lallemantii* excluindo as variáveis responsáveis pela multicolinearidade: massa do pirênio (MP) na população 1; diâmetro equatorial do fruto (DEF) na população 2; massa do pirênio (MP) e diâmetro equatorial do fruto (DEF) na população 3.

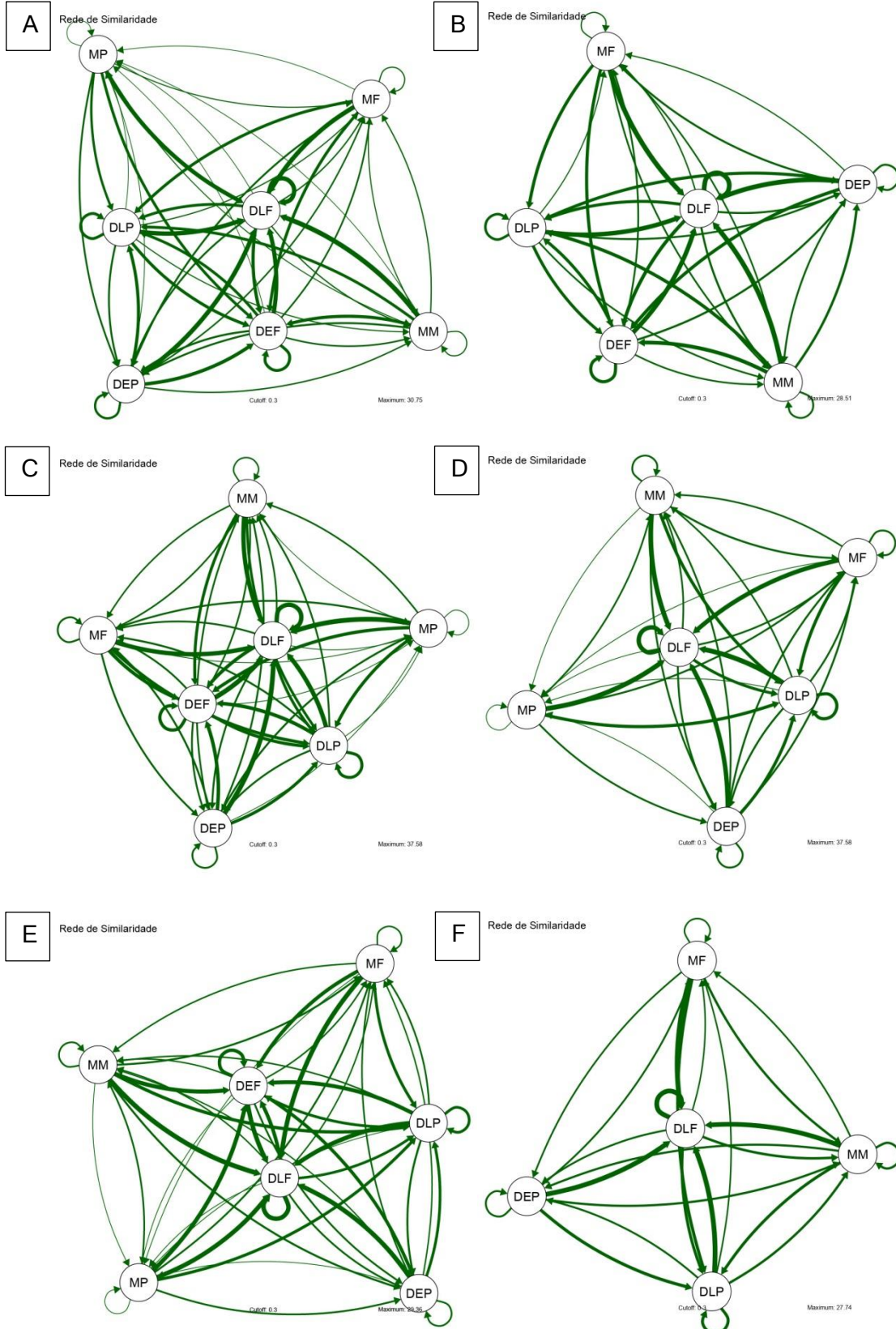
| VIF | VP | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | |
|--------|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Área 1 - São Francisco de Assis | | | | | |
| | | MF | DLF | DEF | DLP | DEP | MM |
| 4.778 | 81.953 | 0.443 | 0.575 | 0.451 | 0.418 | 0.273 | 0.137 |
| -0.257 | 11.086 | -0.190 | -0.529 | 0.190 | 0.146 | 0.686 | 0.391 |
| -0.019 | 4.811 | -0.046 | -0.405 | 0.170 | 0.757 | -0.346 | -0.331 |
| -0.806 | 2.748 | -0.094 | -0.102 | 0.547 | -0.181 | -0.552 | 0.585 |
| 0.328 | -1.676 | -0.046 | -0.109 | 0.650 | -0.403 | 0.157 | -0.612 |
| 0.626 | -16.402 | 0.868 | -0.448 | -0.085 | -0.181 | -0.059 | 0.293 |
| VIF | VP | Área 2 - Manoel Viana | | | | | |
| | | MF | DLF | MP | DLP | DEP | MM |
| 2.032 | 85.131 | 0.504 | 0.621 | 0.034 | 0.470 | 0.281 | 0.241 |
| -0.287 | 12.700 | -0.163 | -0.549 | 0.064 | 0.298 | 0.564 | 0.508 |
| -9.598 | 4.423 | 0.196 | -0.300 | -0.099 | 0.790 | -0.446 | -0.274 |
| 2.244 | 1.582 | 0.017 | -0.030 | 0.989 | 0.042 | -0.046 | -0.126 |
| -0.335 | -1.582 | -0.023 | 0.147 | 0.073 | -0.060 | -0.629 | 0.769 |
| 1.000 | -15.136 | -0.847 | -0.467 | -0.023 | -0.243 | -0.064 | -0.105 |
| VIF | VP | Área 3 - Alegrete | | | | | |
| | | MF | DLF | DLP | DEP | MM | |
| -2.662 | 62.812 | 0.506 | 0.659 | 0.510 | 0.263 | 0.188 | - |
| 1.196 | 10.435 | -0.166 | -0.518 | 0.449 | 0.465 | 0.533 | - |
| 1.059 | 3.870 | 0.045 | 0.146 | -0.379 | -0.395 | 0.822 | - |
| 0.677 | 0.758 | -0.070 | 0.180 | -0.635 | 0.746 | 0.037 | - |
| -3.843 | -14.067 | 0.841 | -0.492 | -0.215 | 0.174 | -0.049 | - |

Fonte: autores (2022).

A análise rede de correlação tem sido utilizada na caracterização de sistemas complexos em diversas áreas do conhecimento (Formagio et al., 2021), porém, mais recentemente no melhoramento genético de plantas (Formagio et al., 2021; Silva 2017; Silva et al., 2016). O uso dessa técnica facilita a visualização das correlações entre as variáveis, o que requer menos tempo para a avaliação e menos recursos na utilização em programas de melhoramento genético (Mendes et al., 2019).

A figura 3 representa as redes de correlações entre dados morfométricos com os efeitos e sem os efeitos da multicolinearidade dentro de cada área analisada. O diâmetro longitudinal do fruto (DLF) foi a variável que apresentou maiores valores de correlações com as demais variáveis dentro da área 1, 2 e 3. A distância entre as variáveis é proporcional ao valor de correlação existente entre elas. A intensidade desses valores de correlação é representada pela espessura das arestas e o vetor indica o sentido da influência entre as variáveis.

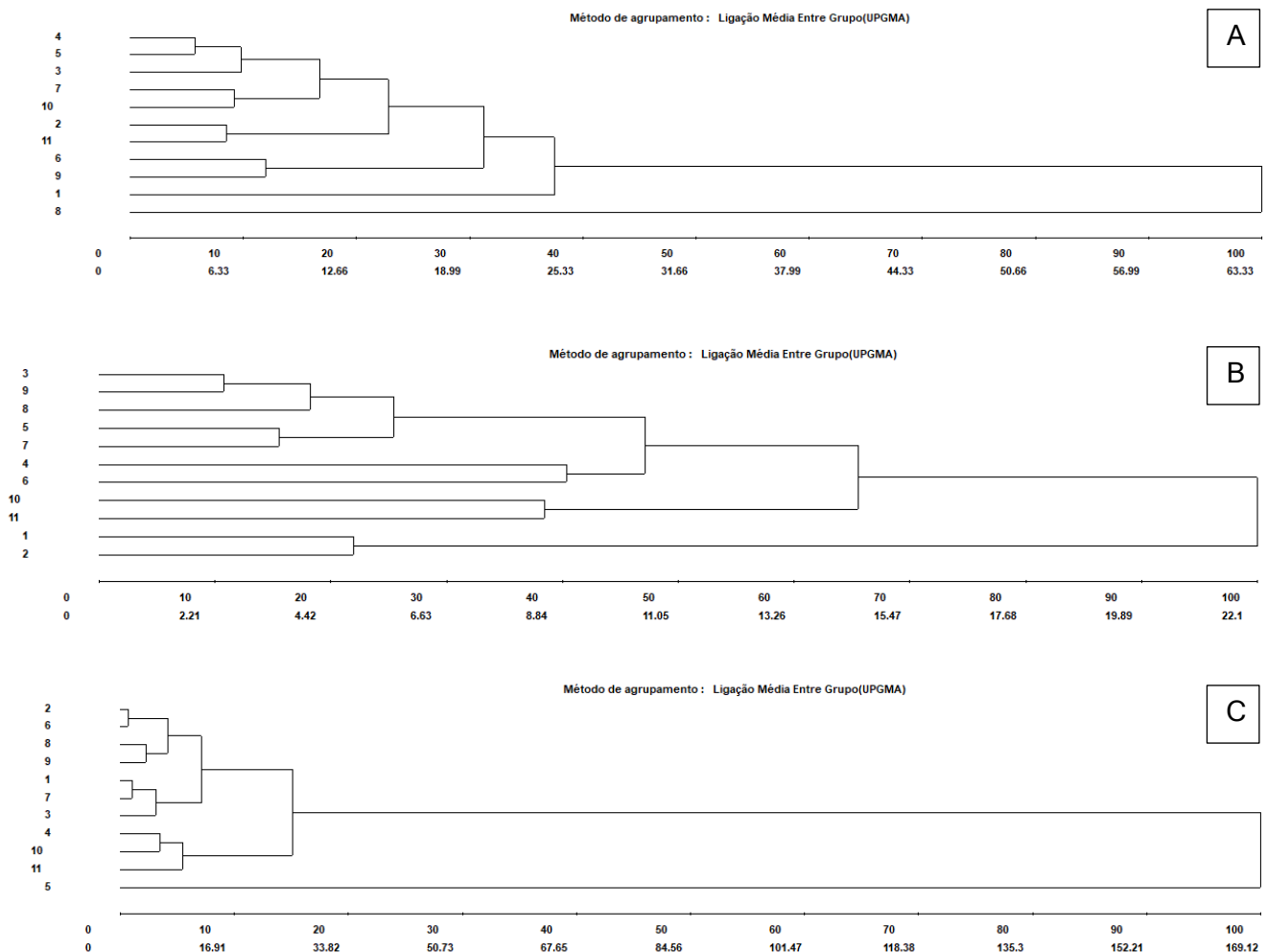
Figura 3 - Rede de correlações fenotípicas baseada nas variáveis morfométricas das três áreas analisadas de *B. lallemantii* com e sem efeitos de multicolinearidade. Área 1 (A e B) – São Francisco de Assis, RS; área 2 (C e D) – Manoel Viana, RS; e área 3 (E e F) – Alegrete, RS. A espessura da linha é proporcional intensidade de correlação.



Fonte: autores (2022).

Na figura 4, observam-se os dendrogramas, representados pelo método de agrupamento: ligação média entre grupos (UPGMA) formados a partir das 3 populações de *B. lallemantii*. Os dendrogramas formaram dois grupos em todas as populações. Na população 1, um grupo foi formado apenas pelo genótipo 8 e outro grupo foi formado pelos demais genótipos (figura 4A). Na população 2, um grupo foi formado pelos genótipos 1 e 2 e o outro grupo foi formado pelos demais genótipos (figura 4B). Na população 3, um grupo foi formado pelo indivíduo 5 e o outro grupo foi formado pelos demais genótipos (figura 4C).

Figura 4 - Dendrogramas obtidos por meio do método UPGMA baseado nas distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada de 11 genótipos de *B. lallemantii* de cada população analisada. A) População 1 – São Francisco de Assis (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.8597). B) População 2 – Manoel Viana (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.7306). População 3 – Alegrete (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.9749).



Fonte: autores (2022).

Na tabela 4 pode-se constatar variabilidade genética entre as três áreas analisadas nas variáveis: massa do fruto (MF), massa do pirênio (MP) e massa do mesocarpo (MM), com resultados significativos por meio do teste F em 1%. E variabilidade genética das variáveis, comprimento do folíolo (CFO), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal do pirênio (DLP) e diâmetro equatorial do pirênio (DEP), com resultados significativos

por meio do teste de F em 5%. Os coeficientes de variação residual estão entre 8.401 (DEF) a 46.106 (NFI). Os valores dos coeficientes de variação genética da MF, MP e MM confirmaram a variação genética entre as três áreas analisadas. A relação do CVg/Cve é menor que um em todas as variáveis e a herdabilidade da média de procedências variou entre 0 a 87.863. A diversidade genética entre indivíduos de *B. lallemantii* pertencentes à mesma área é maior do que a diversidade daqueles que estão em áreas distintas, resultados que corroboram com estudos realizados sobre a diversidade genética da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Mart.), na qual, demonstram que fragmentação de habitats naturais de palmeiras contribui para diminuição da variabilidade genética interpopulacional e aumento da diversidade genética intrapopulacional (Konzen & Martins 2017; Pereira, 2018). Vianna, (2016) sugere que, para a conservação da variabilidade genética existente, esta deve ser preservada nas distintas populações ao longo de sua distribuição geográfica, permitindo desta maneira a manutenção da conservação da alta variabilidade genética nos diferentes locais.

Tabela 4 - Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de *B. lallemantii*. Altura da planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de folíolos (NFO); número de frutos por infrutescência (NFI); massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM); genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H²_{mp}); **Significativo em 1% por teste F.

*Significativo em 5% por teste F.

| | GMS | RMS | Média | CVe(%) | CVg(%) | CVg/Cve | H ² _{mp} |
|---------|----------|---------|--------|--------|--------|---------|------------------------------|
| AP(m) | 0.026 | 0.093 | 1.450 | 21.115 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| CFA(m) | 0.118 | 0.094 | 1.827 | 16.817 | 2.579 | 0.153 | 20.553 |
| CFO(m) | 0.021* | 0.006 | 0.507 | 15.977 | 7.360 | 0.460 | 70.011 |
| NFO | 40.393 | 186.752 | 67.333 | 20.295 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| NFI | 377.303 | 286.279 | 36.697 | 46.106 | 7.838 | 0.170 | 24.125 |
| MF(g) | 17.846** | 2.165 | 6.465 | 22.763 | 18.466 | 0.811 | 87.863 |
| DLF(mm) | 44.755* | 8.834 | 30.856 | 9.632 | 5.856 | 0.608 | 80.260 |
| DEF(mm) | 14.142* | 2.887 | 20.224 | 8.401 | 5.001 | 0.595 | 79.584 |
| MP(g) | 1.4109** | 0.241 | 1.190 | 41.277 | 27.386 | 0.663 | 82.883 |
| DLP(mm) | 94.160* | 25.373 | 19.687 | 25.586 | 12.702 | 0.496 | 73.053 |
| DEP(mm) | 15.972* | 4.109 | 11.033 | 18.372 | 9.412 | 0.512 | 74.272 |
| MM(g) | 10.006** | 1.549 | 5.274 | 23.596 | 16.623 | 0.704 | 84.518 |

Fonte: autores (2022).

O número de condição (NC) para a matriz de correlação biométrica das três áreas analisadas em conjunto indicou efeitos prejudiciais da multicolinearidade, necessitando ajustes para contornar seus efeitos (Tabela 5). O valor do NC encontrado foi (421.058), entre 100 a 1000, considerado entre moderado a forte.

Tabela 5 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a doze caracteres morfológicos de *B. lallemantii*. Altura da planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de frutos por infrutescência (NFI); massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo.

| VIF | VP | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|--|--------------|--------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | AP | CFA | CFO | NFO | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| -1.294 | 190.116 | 0.235 | 0.030 | 0.418 | 0.479 | 0.383 | 0.109 | 0.395 | 0.299 | 0.021 | 0.303 | 0.180 | 0.089 |
| 0.205 | 63.962 | 0.465 | 0.019 | -0.381 | -0.624 | 0.363 | 0.089 | 0.185 | 0.176 | 0.016 | 0.156 | 0.104 | 0.076 |
| -1.942 | 19.264 | -0.260 | 0.112 | -0.070 | -0.078 | -0.396 | 0.489 | -0.129 | 0.311 | 0.107 | 0.246 | 0.362 | 0.440 |
| -0.013 | 9.169 | -0.104 | -0.146 | -0.050 | -0.066 | -0.228 | -0.417 | -0.121 | 0.540 | -0.137 | 0.483 | -0.026 | -0.417 |
| 0.032 | 5.335 | 0.011 | 0.173 | -0.002 | -0.009 | -0.033 | -0.209 | 0.031 | -0.057 | 0.386 | -0.240 | 0.758 | -0.371 |
| -2573.605 | 3.498 | -0.01 | 0.391 | -0.002 | -0.007 | -0.015 | -0.152 | 0.013 | 0.096 | 0.773 | 0.132 | -0.438 | 0.077 |
| 0.083 | 0.991 | 0.081 | 0.717 | 0.051 | 0.041 | 0.173 | -0.212 | -0.388 | 0.214 | -0.385 | -0.162 | 0.039 | 0.159 |
| 1.147 | 0.452 | 0.023 | -0.362 | 0.012 | 0.014 | 0.055 | -0.615 | -0.115 | -0.011 | 0.106 | -0.016 | 0.180 | 0.654 |
| -1965.435 | -0.816 | -0.108 | 0.368 | -0.079 | -0.068 | -0.278 | -0.256 | 0.542 | -0.437 | -0.235 | 0.375 | 0.070 | 0.110 |
| -0.289 | -1.734 | -0.055 | 0.012 | -0.063 | -0.031 | -0.265 | -0.093 | 0.548 | 0.485 | -0.081 | -0.587 | -0.128 | 0.084 |
| -0.706 | -36.637 | 0.764 | -0.007 | -0.164 | 0.318 | -0.517 | 0.021 | -0.123 | -0.054 | 0.010 | 0.003 | -0.021 | 0.010 |
| 2500 | -65.479 | 0.207 | -0.008 | 0.794 | -0.510 | -0.246 | -0.003 | -0.039 | -0.041 | -0.003 | -0.030 | -0.026 | 0.000 |

Fonte: autores (2022).

Na tabela 6, temos a nova matriz de correlação, com NC inferior a 100 (90.299). Os efeitos da multicolinearidade só foram contornados após a eliminação das variáveis AP, CFA, CFO, NFO.

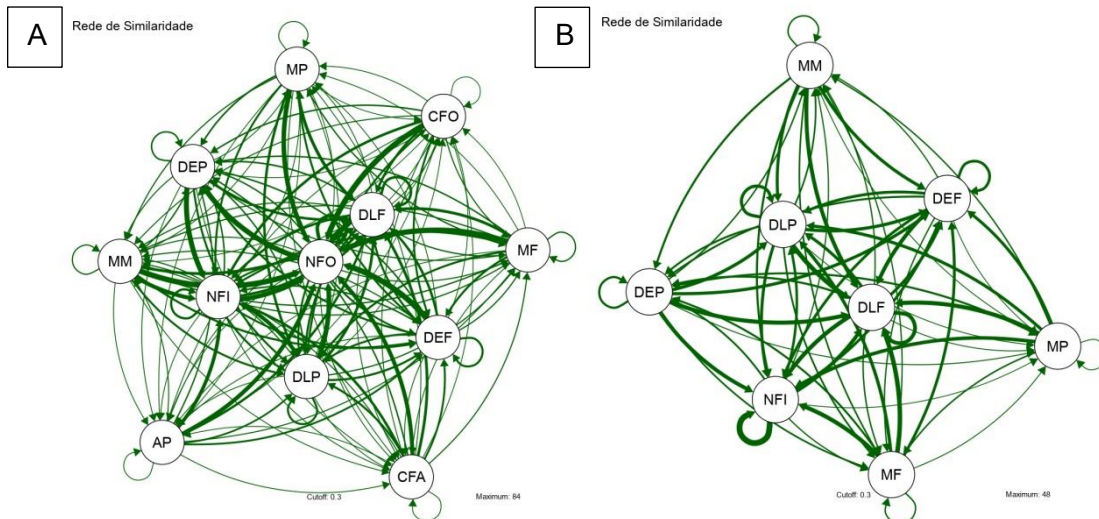
Tabela 6 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios (VP) e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados excluindo as quatro variáveis responsáveis pela multicolinearidade: altura da planta (AP); comprimento da folha (CFA); comprimento do folíolo (CFO); número de folíolos (NFO).

| VIF | VP | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | | | |
|------------|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | NFI | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 0.023 | 130.416 | 0.424 | 0.408 | 0.503 | 0.402 | 0.029 | 0.405 | 0.235 | 0.131 |
| -13157.698 | 9.334 | -0.295 | -0.118 | -0.427 | 0.326 | 0.166 | 0.134 | 0.567 | 0.490 |
| -0.619 | 6.264 | 0.026 | 0.125 | 0.391 | -0.513 | 0.309 | -0.444 | 0.244 | 0.462 |
| -0.276 | 4.908 | -0.085 | 0.089 | -0.035 | 0.051 | -0.153 | 0.169 | -0.673 | 0.689 |
| -2590.363 | 2.859 | -0.374 | 0.119 | 0.118 | 0.188 | 0.815 | 0.106 | -0.286 | -0.194 |
| 0.424 | 2.631 | 0.739 | -0.303 | -0.362 | -0.113 | 0.432 | 0.099 | -0.110 | 0.085 |
| 0.186 | 1.444 | -0.176 | -0.010 | 0.006 | -0.626 | 0.001 | 0.747 | 0.124 | -0.035 |
| -10000 | -18.697 | 0.076 | 0.829 | -0.514 | -0.156 | 0.019 | -0.100 | 0.003 | -0.079 |

Fonte: autores (2022).

A figura 5 representa as redes de correlações entre dados morfométricos com os efeitos da multicolinearidade (A) e sem os efeitos da multicolinearidade (B), ao utilizar, em conjunto, os dados das três áreas analisadas. Nesta condição, o DLF e DLP foram as variáveis com maiores valores de correlações com as demais variáveis.

Figura 5 - Rede de correlações fenotípicas baseadas em dados morfométricos de três populações de *B. lallemantii* com o efeito de multicolinearidade (A), e sem o efeito de multicolinearidade (B).



Fonte: autores (2022).

O agrupamento de Tocher separou as três populações em dois grupos geneticamente distintos. O grupo 1, formado pelas populações 2 e 3, e o grupo 2, formado somente pela população 1 (Tabela 7).

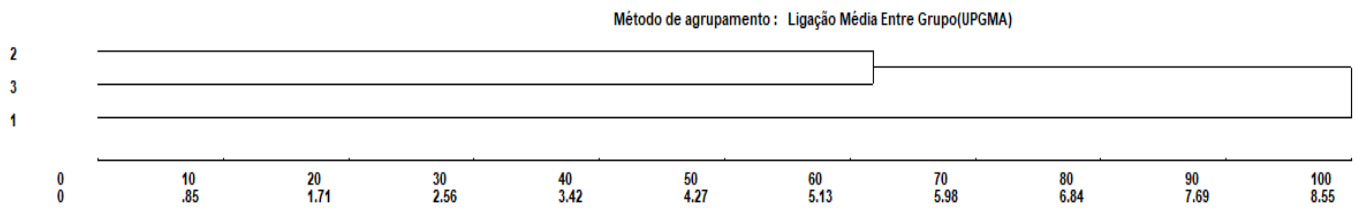
Tabela 7 - Grupos de dissimilaridades formados pelo método de Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis estimada para os genótipos.

| Grupos | Acessos |
|--------|---------|
| 1 | 2 3 |
| 2 | 1 |

Fonte: autores (2022).

Na figura 6 observa-se um dendrograma representado pelo método de agrupamento: ligação média entre grupos (UPGMA), no qual ficou evidenciada a formação de dois grupos. Um grupo, formado pelas populações 2 e 3, populações de Manoel Viana e Alegrete, respectivamente, e outro grupo, isolado, formado pela população 1, proveniente de São Francisco de Assis.

Figura 6 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 33 matrizes e baseadas em 12 variáveis de 3 áreas de ocorrência de *B. lallemantii* (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.988).



Fonte: autores (2022).

O valor encontrado do coeficiente de correlação cofenética (CCC) foi de 0.988, o que demonstra um alto ajuste entre os dados da matriz de dissimilaridade e o dendrograma obtido pelo método (UPGMA).

3.4.4 Considerações Finais

Foi constatado que a utilização de dados biométricos em análises de diversidade genética em populações de *B. lallemantii* é eficiente. Todos os caracteres avaliados dentro das populações demonstraram alto valor de diversidade genética. Os maiores valores foram encontrados nas variáveis massa do fruto (MF), massa do pirênio (MP) e massa do mesocarpo (MM) na população 1 e 2. Na população 3 foi a massa do fruto (MF), massa do pirênio (MP) e diâmetro equatorial do pirênio (DEP). Entretanto, quando se analisa as três populações em conjunto percebe-se a existência de variabilidade genética, de forma mais significativa, somente nas variáveis, massa fruto (MF), massa do pirênio (MP) e massa do mesocarpo (MM).

O diâmetro longitudinal do fruto (DLF) foi a variável que apresentou maiores valores de correlações com as demais variáveis dentro da população 1, 2 e 3. Contudo, o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e o diâmetro longitudinal do pirênio (DLP) apresentaram maiores valores de correlação quando são analisadas as três populações em conjunto.

Os métodos de agrupamentos permitiram identificar populações e genótipos divergentes que podem ser utilizados em estudos futuros sobre melhoramento e conservação da espécie.

Referências

- Bispo, R. B.; Dardengo, J. D. F. E.; Bispo, R. B.; Bispo, R. B. & Rossi, A. A. B. (2020) Divergência genética entre genótipos de *Mauritia flexuosa* L. f. por meio de morfometria de frutos e sementes. *Nativa*, 8(4). 585-590.10.31413/nativa.v8i4.8622.
- Buttow, M. V. (2008). *Etnobotânica e caracterização molecular de Butia sp.* Dissertação de Mestrado (Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas.
- Buttow, M. V.; Castro, C. M.; Schwart, Z. E.; Tonietto, A.; & Barbieri, R. L. (2010). Caracterização molecular de populações de *Butia capitata* (Arecaceae) do Sul do Brasil através de marcadores AFLP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, p. 230-239. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000001>.
- Caixeta, R. P.; Trugilho, P. F.; Rosado, S. C. D. S. & Lima, J. T. (2003). Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, 27, 43-51.
- Cruz, C. D. (1998). Programa Genes: Aplicativo computacional em estatística aplicada à genética (GENES-Software for Experimental Statistics in Genetics) *Genet Mol Biol*.
- Cruz, C. D. (2016). Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, p. 547-552. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>.
- Deble, L. P. & Marchiori, J. N. C. (2006). *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. *Balduinia*, n. 9, p. 01-03. <https://doi.org/10.5902/2358198014032>.

- Eslabão, M.; Silveira, T.; Barbieri, R. L. & Heiden, G. (2019). Biometria de endocarpos de *Butia* (Arecaceae) do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado - Artigo em anais de congresso (ALICE). *Encontro internacional da rota dos butiazais*. Pelotas.
- Formaggio, M. G., Fachi, L. R., Dezengrini, E. M. B., Krause, D. P., Campos, T. N. V., Lima, K. S., & Krause, W. (2021). Rede de correlações entre características de flor e de fruto do maracujazeiro-azedo. *Scientific Electronic Archives*, 14(5), 49-54.
- Fundação zoobotânica RS. (2014). *Lista da Flora Gaúcha Ameaçada de Extinção*. Recuperado de <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2052.109.pdf>
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E. & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman editora.
- Instituto Nacional de Meteorologia, INMET. Dados históricos. Avaliado em <https://portal.inmet.gov.br/> acessado em 01 de fevereiro de 2022.
- Konzen, ER, & Martins, MP (2017). Níveis contrastantes de diversidade genética entre populações da palmeira tropical ameaçada de extinção *Euterpe edulis* Martius. *Cerne*, 23, 31-42.
- Kuinchner, A. & Buriol, G. A. (2001). Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia, Naturais e Tecnológicas*, 2(1), 171-182.
- Kupski, J. (2021). *Caracterização de frutos, biometria dos endocarpos e dissimilaridade de butiazais na região das missões*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Bacharelado em Agronomia. Universidade Federal da Fronteira Sul.
- Laindorf, B. L.; Freitas, K. E. J.; Lucini, F.; Stefenon, V. M.; Küster, M. C. T.; Schünemann, A. L.; Putzke, J.; Victória, F. C. & Pereira, A. B. (2018). Genetic Diversity and Structure of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) in Southern Brazil. *Tropical Conservation Science*, v. 11. <https://doi.org/10.1177/1940082918798330>.
- Leme, D. E. D. C.; Alves, E. V. D. C.; Lemos, V. D. C. O. & Fattoria, A. (2020). Análise de redes: uma abordagem de estatística multivariada para pesquisas em ciências da saúde. *Geriatr., Gerontol. Aging (Impr.)*, 43-51.
- Maciel, A. R. N. A.; Oliveira, M. S. P.; Martorano, L. G.; Nunes, J. A. R. & Sousa, T. S. (2022). Divergência Genética em *Oenocarpus distichus* Mart. de Diferentes Procedências do Estado do Pará por Caracteres Morfoagronômicos. *Research, Society and Development*, 11(6).
- Mahalanobis, P. C. (1936). Distância generalizada em estatística. *Anais do Instituto Natural de Ciências*, v. 2, p. 49-55. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28872>.
- Mendes, G. G. C.; Gusmão, M. T. A.; Martins, T. G. V.; Rosado, R. D. S.; Alencar Sobrino, R. S.; Nunes, A. C. P.; Ribeiro, W. S. & Zanuncio, J. C. (2019). Genetic divergence of native palms of *Oenocarpus distichus* considering biometric fruit variables. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41507-4>.
- Neves, A. G. D. S. (2022). *Fenologia e diversidade genética da Syagrus cearensis noblick*. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Oliveira, M. S. P.; Ferreira, D. F. & Santos, J. B. (2017). Divergência genética entre acessos de açazeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 501-506.
- Olivoto, T.; Souza, V. Q.; Nardino, M.; Carvalho, I. R.; Ferrari, M.; Pelegrin, A. J.; Szareski, V. J. & Schmidt, D. (2017). Multicollinearity in path analysis: a simple method to reduce its effects. *Agronomy Journal*, v. 109, n. 1, p. 131-142.
- Pereira, P. (2018). *Caracterização da variabilidade genética de Euterpe edulis (Arecaceae) do Espírito Santo para produção de frutos*. Tese de Doutorado (Biologia Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo.
- Resende, M. D. V. (1991). Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias e populações e implicações no melhoramento florestal. *Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo*, n. 22/23, p.61-77.
- Rosa, L. Z.; Almeida, C. G. M.; Brasil, A. M. A.; Laindorf, B. L.; Cogo, M. R. M.; Kuhn, S. A.; Bacega, A.; Santos, N. L.; Silveira, D. N. B.; Cassol, A. P. V.; Pereira, A. B. & de Souza, V. Q. (2021). A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste. *Research, Society and Development*, 10(14). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.221042>.
- Sebbenn, A. M.; Siqueira, A. C. M. F.; Kageyama, P. Y. & Machado, J. A. R. (1998). Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva–*Myroxylon peruiferum* LF Allemão. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, 53, 31-38.
- Silva, A. R. D.; Rêgo, E. R. D.; Pessoa, A. M. D. S. & Rêgo, M. M. D. (2016). Análise de rede de correlação entre caracteres fenotípicos e genotípicos de pimenteiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(4), 372-377.
- Silva, F. C. D. S. (2017). *Rede de correlações, eficiência da seleção visual e indireta via capacidade de ramificação e índices de seleção em soja*. Tese de Doutorado (Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- Silva, P. H. (2017). *Caracterização de Acrocomia aculeata e Acrocomia totai por meio de descritores agromorfológicos*. Dissertação de Mestrado (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, SP, Brasil.
- Soares, K. P. (2013). O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) E *Butia Witeckii*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, Austria, 11: 33-40.

Vianna, S. A. (2016). *Diversidade genética e morfo-anatômica de Acrocomia spp. (ARECACEAE)*. Tese de Doutorado em (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico. Campinas, SP, Brasil.

3.5 CAPÍTULO V: Diversidade genéticas de *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) considerando as variáveis morfométricas dos frutos

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Research, Society and Development.

Diversidade genética de *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) considerando as variáveis morfométricas dos frutos

Genetic diversity of *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) considering fruit morphometric variables

Diversidad genética de *Butia exilata* Deble & Marchiori (Arecaceae) considerando variables morfométricas del fruto

Resumo

B. exilata é uma palmeira nativa do bioma Mata Atlântica, encontrada na região norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Possui hábito cespitoso e acaulescente, sendo considerada a palmeira com menor área ocorrência dentre as espécies do gênero *Butia*. A importância ecológica, cultural e econômica de espécies deste gênero é reconhecida, no entanto, os estudos sobre caracterização populacional ainda são insuficientes para auxiliar na proposição de estratégias de conservação e melhoramento genético. O objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade genética encontrada em uma população *B. exilata* considerando as variáveis biométricas dos frutos. Para tanto, foram avaliadas as seguintes variáveis morfométricas: massa do fruto, diâmetro longitudinal do fruto, diâmetro equatorial do fruto, massa do pirênio, diâmetro longitudinal do pirênio, diâmetro equatorial do pirênio e massa do mesocarpo. A avaliação dos parâmetros para a quantificação da diversidade genética foi realizada por meio de análise de variância, com a utilização do teste de Fisher em probabilidade de 1%. As redes de correlações foram utilizadas para compreender com facilidade a influência entre as variáveis. Os métodos de agrupamentos serviram para a identificação de grupos divergentes. Todas as características morfométricas analisadas demonstraram variabilidade genética, com destaque para a massa do fruto, massa do pirênio e massa do mesocarpo. A rede de correlação fenotípica evidenciou o diâmetro equatorial do fruto como a variável com maior correlação com as demais. Os métodos de agrupamentos Tocher e UPGMA formaram dois grupos divergentes. As análises morfométricas dos frutos foram eficientes na caracterização da diversidade genética de *B. exilata*.

Palavras-chave: Análise de Variância; Rede de Correlações, Multicolinearidade.

Abstract

B. exilata is a palm native to the Atlantic Forest biome, found in the northern region of Rio Grande do Sul, Brazil. It has a caespitose and acaulescent habit, being considered the palm with the smallest area of occurrence among the species of the genus *Butia*. The ecological, cultural and economic importance of species of this genus is recognized, however, studies on population characterization are still insufficient to assist in proposing conservation strategies and genetic improvement. The objective of this work was to evaluate the genetic diversity found in a population of *B. exilata* considering the biometric variables of the fruits. Therefore, the following morphometric variables were evaluated: fruit mass, fruit longitudinal diameter, fruit equatorial diameter, pyrene mass, pyrene longitudinal diameter, pyrene equatorial diameter and mesocarp mass. The evaluation of parameters for the quantification of genetic diversity was performed by means of analysis of variance, using the Fisher's test at a probability of 1%. Correlation networks were used to easily understand the influence between variables. The clustering methods were used to identify divergent groups. All morphometric characteristics analyzed showed genetic variability, with emphasis on fruit mass, pyrene mass and mesocarp mass. The phenotypic correlation network showed the equatorial diameter of the fruit as the variable with the highest correlation with the others. The Tocher and UPGMA clustering methods formed two divergent clusters. The morphometric analyzes of the fruits were efficient in the characterization of the genetic diversity of *B. exilata*.

Keywords: Analysis of Variance; Correlations Network, Multicollinearity.

Resumen

B. exilata es una palma nativa del bioma del Bosque Atlántico, que se encuentra en la región norte de Rio Grande do Sul, Brasil. Tiene un porte cespitoso y acaulescente, siendo considerada la palmera con menor área de ocurrencia entre las especies del género *Butia*. Se reconoce la importancia ecológica, cultural y económica de las especies de este género, sin embargo, los estudios de caracterización poblacional son aún insuficientes para ayudar a proponer estrategias de conservación y mejoramiento genético. El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad genética encontrada en una población de *B. exilata* considerando las variables biométricas de los frutos. Por lo tanto, se

evaluaron las siguientes variables morfométricas del fruto: masa del fruto, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial del fruto, masa de pireno, diámetro longitudinal del pireno, diámetro ecuatorial del pireno y masa del mesocarpio. La evaluación de parámetros para la cuantificación de la diversidad genética se realizó mediante análisis de varianza, utilizando la prueba de Fisher a una probabilidad del 1%. Se utilizaron redes de correlación para comprender fácilmente la influencia entre las variables. Los métodos de agrupación se utilizaron para identificar grupos divergentes. Todas las características morfométricas analizadas mostraron variabilidad genética, con énfasis en la masa de frutos, masa de pireno y masa de mesocarpio. La red de correlación fenotípica mostró al diámetro ecuatorial del fruto como la variable con mayor correlación con las demás. Los métodos de agrupamiento de Tocher y UPGMA formaron dos grupos divergentes. Las medidas morfométricas de los frutos fueron eficientes en la caracterización de la diversidad genética de *B. exilata*.

Palabras clave: Análisis de Variación; Red de Correlaciones, Multicolinealidad.

3.5.1 Introdução

As espécies de palmeiras (ARECACEAE) contribuem para manutenção da biodiversidade e são importantes na caracterização, estruturação e aspectos fisionômicos na região neotropical (Rocha et al., 2022). Dentre os 188 gêneros descritos na família Arecaceae (Baker & Dransfield, 2016) encontra-se o gênero *Butia* (Becc.) Becc, com 21 espécies distribuídas na América do Sul (Ellert-pereira, 2019). *B. exilata* é uma palmeira pertencente ao gênero *Butia* (Arecaceae), endêmica do bioma Mata Atlântica, com ocorrência natural na região norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Deble, et al., 2011). Destaca-se por ter um estipe que cresce abaixo do nível do solo (Figura 1). A etimologia que deu origem ao nome da espécie remete ao isolamento geográfico de suas populações naturais (Deble, et al., 2011), na qual, possuem uma das menores áreas de ocorrência dentre as espécies do gênero *Butia* (Wons, 2020). Além, disso, de acordo com a lista de táxons ameaçados de extinção da flora nativa do estado do Rio Grande do Sul, *B. exilata* está categorizada como Criticamente em Perigo (Fundação Zoobotânica do RS, 2014).

Figura 1 - Hábito *B. exilata*.



Fonte: Autores (2022)

Os estudos de diversidade genética quando integrados a pesquisas sobre aspectos ecológicos formam uma análise que permite a construção de um embasamento teórico consistente para interpretar sob o enfoque evolutivo a dinâmica populacional, condições eficazes para proposições de métodos de conservação *in situ* e busca de métodos de conservação *ex situ* quando necessário. Para Buttow et al., (2010) são imprescindíveis trabalhos de caracterização morfológica e molecular que contribuam para o reconhecimento da variabilidade genética e que estas informações forneçam subsídios para a criação de programas de melhoramento e conservação dos palmares. Além disso, o declínio populacional de espécies do gênero *Butia*, faz com que sejam necessárias pesquisas e projetos para a capacitação de pessoas que depreendem atividades laborais com butiazeiros, (Trajano, 2022). Para Alves, (2020) a estimativa da diversidade genética é considerada como um pré-requisito para iniciar um programa de conservação e melhoramento genético de uma espécie.

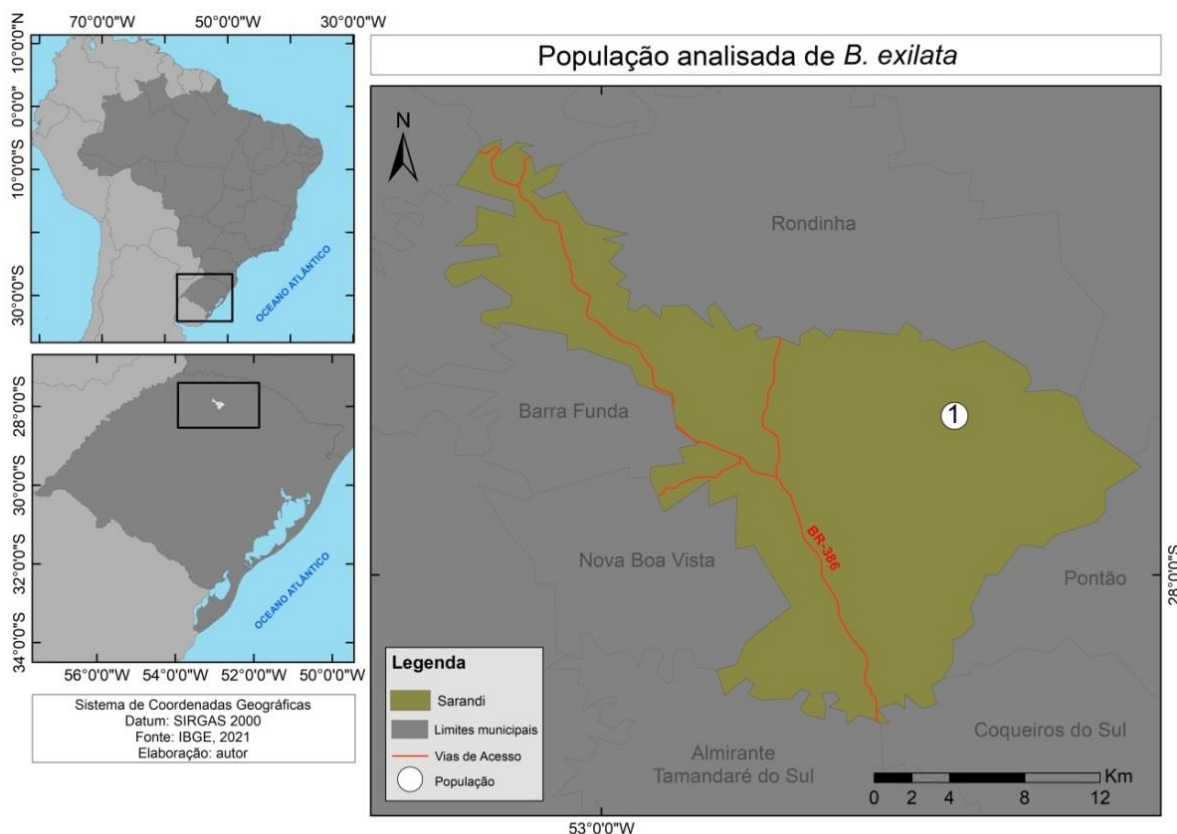
As análises que utilizam caracterização morfoagronômica são requisitos básicos para determinar e quantificar a variabilidade genética de germoplasmas (Galete, et al., 2012). A avaliação de divergência genética entre populações de palmeiras utilizando caracteres morfométricos é uma alternativa bastante consolidada, podendo-se citar trabalhos desenvolvidos com as espécies *Mauritia flexuosa* L. f (Serpa, et al., 2022); *Oenocarpus distichus* Mart. (Maciel, et al., 2022); *Euterpe oleracea* Mart. (Oliveira, et al., 2021; Rios, et al., 2020). Dentre os butiazeiros de ocorrência natural observa-se uma grande variação na produtividade, tamanho, forma, coloração, rendimento de polpa de frutos e respostas germinativas das sementes (Schlindwein et al., 2019). No entanto, é necessário o reconhecimento dessas características para permitir o estabelecimento de práticas de melhoramento e domesticação por meio de seleção de indivíduos que se destaquem por sua maior aptidão reprodutivas. Contudo, apesar do reconhecimento da importância ecológica, econômica e cultural das espécies pertencentes ao gênero *Butia*, estudos que busquem elucidar as divergências genéticas dentro de suas populações são bastante esporádicos, o que acaba limitando a utilização dessas espécies em programas de melhoramento genético.

Assim, diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a diversidade genética encontrada em uma população *B. exilata*, considerando as variáveis biométricas dos frutos.

3.5.2 Materiais e métodos

O levantamento sobre as características morfológicas foram baseados em materiais coletados em expedições botânicas em janeiro de 2021. Para a condução do estudo foram analisadas 16 matrizes provenientes de uma população da espécie *B. exilata* coletada as margens da rodovia municipal Guerino Pasqualotto (S 27°55'27.3" W 52°49'52.1"), nos arredores do Parque Estadual do Papagaio Charão, localizado no município de Sarandi, RS (Figura 2).

Figura 2 - Área de coleta dos frutos de *B. exilata* em Sarandi, RS.



Fonte: Autores (2022).

Foram coletados 14 frutos maduros por indivíduo, totalizando 224 unidades provenientes das 16 matrizes (Figura 3). Em cada um dos frutos foram avaliadas as seguintes características: o diâmetro longitudinal (mm), diâmetro equatorial (mm) e a massa (g). Em seguida os frutos foram despoldados, conforme metodologia utilizada por Favreto, (2010) retirando-se o epicarpo e o mesocarpo, restando apenas o pirênio (endocarpo + semente). Foi repetido o mesmo processo de mensuração na análise do pirênio, quantificando a massa (g), diâmetro longitudinal (mm) e diâmetro equatorial (mm). Para a mensuração do diâmetro longitudinal e equatorial do fruto e do pirênio foi utilizado um paquímetro digital (Mister) 150 mm. Os dados de massa dos frutos e do pirênio foram determinados no laboratório de química do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete, em Alegrete, RS, por meio da utilização de uma balança analítica (0,0001g). Também foi mensurada a massa do mesocarpo (g) utilizando a diferença entre a massa do fruto e a massa do pirênio.

As divergências entre genótipos de *B. exilata* considerando variáveis biométricas foram analisadas por meio de análise de variância (ANOVA, usando o teste de Fisher em probabilidade de 1%). Também foi verificado o quadrado médio do resíduo, coeficiente de variação experimental, coeficiente de variação genética e herdabilidade. As médias foram agrupadas pelo método de Tukey. Foram verificadas possíveis relações lineares entre as variáveis por meio do teste de multicolinearidade.

Figura 3 – Unidades de frutos de *B. exilata* proveniente de cada uma das 16 matrizes coletadas.



Fonte: Autores (2022).

A fonte e a magnitude do diagnóstico de multicolinearidade foi avaliada de acordo com metodologia aplicada por Olivoto et al. (2017). Na qual foram utilizados os métodos: a) parâmetros autovalores, que indicam a quantidade de variância explicada por cada fator, e autovetores, que são os pesos das características para explicar a variância determinada pelo auto valor associado; b) número de condições (NC), obtidos pela razão entre o maior e o menor autovalor. O grau de multicolinearidade é considerado fraco quando o valor do NC menor do que 100, moderado a forte quando o valor do NC estiver entre 100 a 1000, e forte com NC superior a 1000. C) determinante da matriz, valores de (DM) próximos a zero indicam dependência linear entre traços explicativos, configurando em graves problemas de multicolinearidade. d) Fatores de inflação de variância, é indicado que os valores de (VIF) sejam menores do que 10 para que não ocorram efeitos prejudiciais da multicolinearidade.

Nas redes de correlações, as variáveis são representadas por nós, conectadas por arestas que aponta a direção e a intensidade das correlações. As redes de correlações foram analisadas por meio do pacote estatístico *qgraph* no *software* Genes associado ao *software* R. Epskamp et al. (2012) destaca que utilização de redes de correlações facilita a tarefa do reconhecimento de variáveis de interesse para programas de melhoramento genético.

Os métodos de agrupamentos Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis e o dendograma obtido pelo método de agrupamento da distância média UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average*) formados a

partir dos dados da matriz permitiram reconhecer grupos divergentes entre genótipos de *B. exilata*. O valor do Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) foi estimado (Sokal e Rohlf, 1962), o método avalia o ajuste entre os valores de similaridade da matriz original e o dendrograma resultante. Análise estatística foi inteiramente aleatório, realizada com o auxílio do *software* Genes.

3.5.3 Resultados e Discussão

A tabela 1 confirma variabilidade genética em todas as características biométricas (teste $F > 0,01$), com coeficiente de variação residual variando entre 5.812%, (DLF) a 24.669% (ME). Todos os valores dos coeficientes de variação genética (CV_g) confirmam a variação genética entre os genótipos, valores acima de 7% são considerados altos (Sebben et al., 1998). Nesse estudo os maiores valores dos coeficientes de variação genética (CV_g) foram encontrados nas variáveis MM (28.348%), MF (27.163%) e MP (24.669%), resultados que corrobora com os de Mendes et. al., (2019), ao estudar as divergências genéticas de *Oenocarpus distichus* considerando variáveis biométricas de frutos, e com as análises realizadas por Cogo et al., (2022) sobre o estudo da diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori utilizando dados morfométricos. A relação CV_g/CV_e foi maior que 1 nas variáveis MF, DLF, DEF, DLE e MM. Em relação à herdabilidade da média de procedências observa-se uma variação entre 80.909 (DEP) a 97.574 (DLF).

Tabela 1 - Análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres morfológicos de frutos de *B. exilata*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLE); diâmetro equatorial do pirênio (DEE); massa do mesocarpo (MM); genótipo quadrado médio (GMS); resíduo quadrado médio (RMS); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); **Significativo em 1% por teste F.

| | | GMS | RMS | Média | CV_e (%) | CV_g (%) | CV_g/CV_e | H^2_{mp} |
|---|-----|-----------|-------|--------|------------|------------|-------------|------------|
| 1 | MF | 102.619** | 3.067 | 9.839 | 17.800 | 27.163 | 1.525 | 97.010 |
| 2 | DLF | 157.139** | 3.811 | 33.583 | 5.812 | 9.876 | 1.699 | 97.574 |
| 3 | DEF | 79.230** | 4.283 | 23.284 | 8.888 | 9.959 | 1.120 | 94.593 |
| 4 | MP | 1.795** | 0.126 | 1.440 | 24.669 | 24.019 | 0.973 | 92.963 |
| 5 | DLP | 74.432** | 2.652 | 20.326 | 8.013 | 11.165 | 1.393 | 96.435 |
| 6 | DEP | 12.329** | 2.353 | 11.314 | 13.559 | 7.477 | 0.551 | 80.909 |
| 7 | MM | 81.476** | 2.477 | 8.398 | 18.742 | 28.348 | 1.512 | 96.959 |

Fonte: autores (2022)

Na tabela 2 observa-se a existência de um dos fatores de inflação da variância (VIF) com o valor de 18.570, destacado em negrito. A existência de valores de VIF superiores a 10 indica que os coeficientes de regressão associados a estes valores são influenciados pela multicolinearidade (Mendes et al., 2019). O número de condições (NC) encontrado na análise foi entre 100 e 1000 (106,333), considerado entre moderado a forte. Valores de NC superiores a 100 indicam a necessidade de ajustes para contornar os efeitos da multicolinearidade. Além disso, o valor mais alto do autovetor associado aos autovalores, destacado em negrito, indica MP foi a variável responsável pelos efeitos da multicolinearidade, necessitando ser descartada da análise. Os resultados corroboram aos encontrados por Cogo et al., (2022), na qual, a massa do pirênio também contribuiu para os efeitos da multicolinearidade em duas das três populações analisadas de *B. lallemantii* (Arecaceae). Porém, a massa do fruto

e a massa do mesocarpo foram as variáveis responsáveis pelos efeitos da multicolinearidade em populações de *Oenocarpus distichus* Mart (Mendes et al. 2019).

Tabela 2 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados a sete caracteres morfológicos de frutos de *B. exilata*. Massa do fruto (MF); diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro equatorial do fruto (DEF); massa do pirênio (MP); diâmetro longitudinal do pirênio (DLP); diâmetro equatorial do pirênio (DEP); massa do mesocarpo (MM). Número de Condição (NC): 106.333767.

| | VIF | Valores próprios | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | | |
|---|---------------|------------------|--|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| | | | MF | DLF | DEF | MP | DLP | DEP | MM |
| 1 | 0.206 | 103.418 | 0.469 | 0.572 | 0.458 | 0.025 | 0.402 | 0.219 | 0.179 |
| 2 | -1.134 | 10.782 | -0.130 | -0.632 | 0.233 | 0.064 | 0.327 | 0.505 | 0.403 |
| 3 | 0.792 | 5.368 | 0.002 | 0.332 | -0.622 | 0.088 | -0.236 | 0.470 | 0.469 |
| 4 | 18.570 | 3.164 | -0.135 | 0.061 | -0.477 | -0.030 | 0.735 | 0.137 | -0.436 |
| 5 | 3.557 | 1.254 | 0.004 | -0.031 | -0.176 | 0.429 | 0.332 | -0.638 | 0.516 |
| 6 | -1.130 | 0.973 | -0.014 | 0.016 | 0.101 | 0.896 | -0.146 | 0.222 | -0.341 |
| 7 | 1.000 | -16.148 | 0.863 | -0.397 | -0.285 | 0.004 | -0.057 | -0.016 | -0.114 |

Fonte: autores (2022)

Na tabela 3, após a eliminação da variável massa do pirênio, pode-se observar que o novo valor do número de condições foi inferior a 100 (86.014), o que indica que os efeitos da multicolinearidade não estão mais presentes na análise.

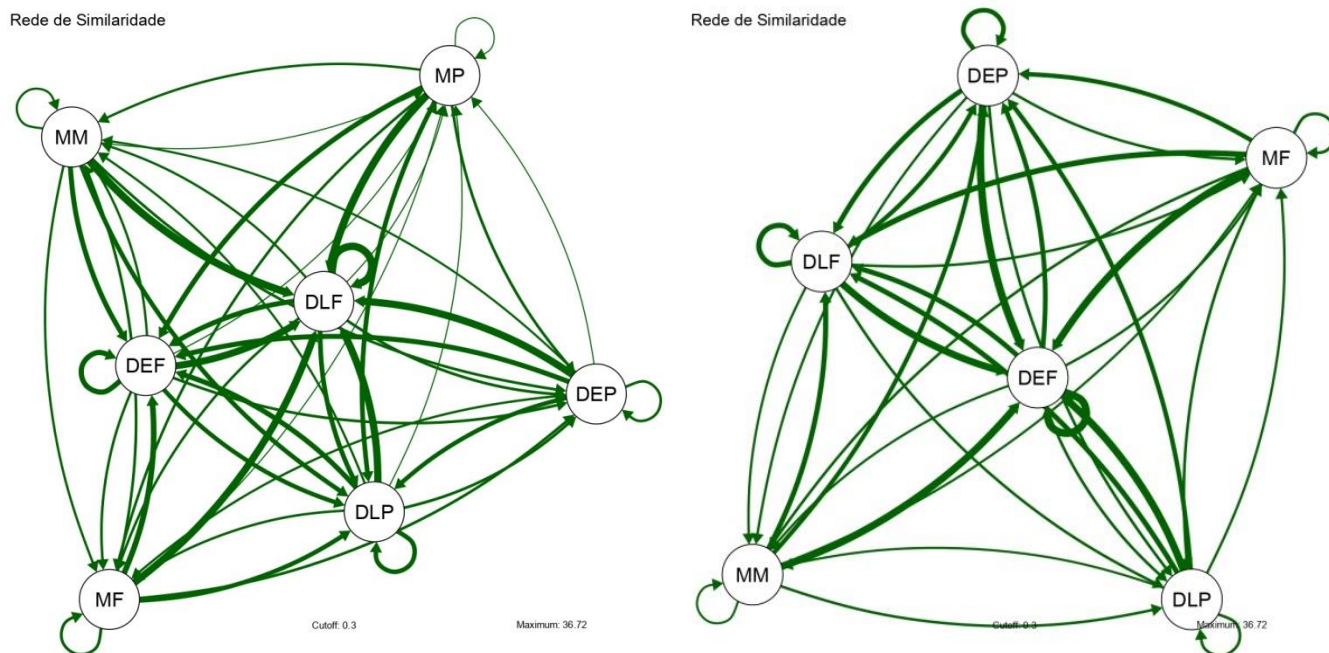
Tabela 3 - Fatores de inflação da variância (VIF), estimativas de valores próprios e vetores próprios obtidos a partir da matriz de correlação entre as avaliações biométricas e vetoriais próprios associados seis caracteres morfológicos de frutos de *B. exilata* excluindo a variável massa do pirênio (MP) responsável pela multicolinearidade.

| | VIF | Valores próprios | Elementos dos vetores próprios associados às variáveis | | | | | |
|---|--------|------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | MF | DLF | DEF | DLP | DEP | MM |
| 1 | -0.044 | 103.353 | 0.469 | 0.573 | 0.458 | 0.402 | 0.219 | 0.179 |
| 2 | 0.431 | 10.742 | -0.130 | -0.634 | 0.237 | 0.330 | 0.505 | 0.402 |
| 3 | 1.185 | 5.334 | 0.002 | 0.328 | -0.621 | -0.232 | 0.479 | 0.473 |
| 4 | -2.251 | 3.162 | -0.136 | 0.060 | -0.475 | 0.736 | 0.132 | -0.439 |
| 5 | -1.248 | 1.202 | 0.010 | -0.035 | -0.202 | 0.361 | -0.670 | 0.615 |
| 6 | 13.280 | -16.148 | 0.863 | -0.397 | -0.285 | -0.057 | -0.016 | -0.114 |

Fonte: autores (2022)

A figura 4 apresenta a rede de correlações entre as variáveis morfométricas de *B. exilata* com e sem os efeitos da multicolinearidade. O diâmetro equatorial do fruto foi a variável que apresentou o maior valor de correlação com as demais variáveis analisadas. O resultado não foi o mesmo encontrado em análises morfométricas intrapopulacional utilizando três populações de *B. lallemantii*, em que, ficou evidenciada uma maior correlação do diâmetro longitudinal do fruto com as demais variáveis (Cogo et al., 2022).

Figura 4 - Rede de correlações fenotípicas entre variáveis morfométricas: A) Rede de correlações com os efeitos da multicolinearidade. B) Rede de correlações sem os efeitos da multicolinearidade, após a eliminação da variável MP.



Fontes: Autores (2022)

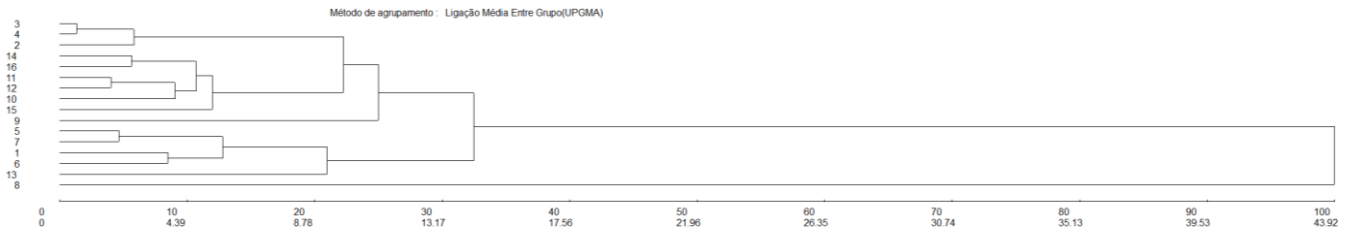
Na análise de agrupamento de Tocher constatou-se a formação de dois grupos distintos, um formado pelo indivíduo 8, e outro formado pelos demais indivíduos analisados (Tabela 4). Resultado também demonstrado pelo dendrograma gerado pelo método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada (Figura 5).

Tabela 4 - Grupos de dissimilaridades formados pelo método de Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis estimada para os genótipos.

| Grupos | Acessos |
|--------|--------------------------------------|
| 1 | 3 4 2 14 11 16 12 15 10 5 7 1 9 13 6 |
| 2 | 8 |

Fontes: Autores (2022)

Figura 5 - Dendrograma obtido por meio do método UPGMA a partir de distâncias expressas pelo Quadrado da Distância Euclidiana Média Padronizada, estimadas entre 16 matrizes e baseadas em 6 variáveis (Coeficiente de Correlação Cofenética - 0.865).



Fonte: autores (2022)

O Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC) (Sokal e Rohlf, 1962), que é calculado entre os valores de similaridade da matriz original e matriz resultante da simplificação do dendrograma (Yokomizo et al., 2020), resultou em um valor de 0.865. O valor de CCC mede o ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma, sendo que quanto maior o valor encontrado, menor será a distorção pelos agrupamentos dos dados (Kopp et al., 2007).

3.5.4 Considerações finais

As características morfométricas analisadas demonstraram-se eficientes na quantificação da diversidade genética de *B. exilata*. A massa do fruto, massa do pirênio e massa do mesocarpo apresentaram maior contribuição para a divergência genética e, por esse motivo, são parâmetros que podem ser avaliados em processos de seleção.

As redes de correlações fenotípicas se caracterizam com uma ferramenta importante na caracterização de sistemas complexos, permitem visualizar correlações com facilidade, otimizam tempo e demandam menos recursos para a utilização em programas de melhoramento genético de *B. exilata*.

Com o emprego dos métodos de agrupamentos Tocher e UPGMA foi possível constatar a formação de dois grupos divergentes, um formado pelo genótipo oito e outro grupo reuniu os demais genótipos.

A utilização de dados morfométricos contribuem na quantificação da diversidade genética de *B. exilata*.

3.5.6 Referências

- Alves, F. A. L. (2020). Utilização de técnicas de análise multivariadas no estudo da diversidade genética em quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*). *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, 26(1).
- Baker, W. J., & Dransfield, J. (2016). Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 182(2), 207-233. <https://doi.org/10.1111/boj.12401>.
- Buttow, M. V., Castro, C. M., Schwartz, E., Tonietto, A., & Barbieri, R. L. (2010). Caracterização molecular de populações de *Butia capitata* (Arecaceae) do Sul do Brasil através de marcadores AFLP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 230-239.
- Cogo, M. R. M., Rosa, L. Z., Silveira, D. N. B., Bacega, A., Santos, N. L., Lopes, A. M., & de Souza, V. Q. (2022). Diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa. *Research, Society and Development*.
- Cruz, C. D. Programa GENES, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.
- Deble, L. P., Marchiori, J. N. C., Alves, F. D. S., & Oliveira-Deble, A. D. (2011). Survey on *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) from Rio Grande do Sul State (Brazil). *Balduinia*, 30, 3-24. <https://doi.org/10.5902/2358198013883>.

- Ellert-Pereira, P. E. (2019). *Filogenia de Butia (Arecaceae): um gênero de palmeiras sul-americano*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. 74 f.
- Ellert-Pereira, P. E., Eslobão, M. P., Barbieri, R., & Heiden, G. (2015). Avaliação da conservação *in situ* de *Butia* (arecaceae) no Rio Grande do Sul. In *Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Congresso de Iniciação Científica, 24.; Encontro de Pós-graduação, 17, Pelotas.[Anais.]. Pelotas: UFPel.
- Epskamp, S., Cramer, AO, Waldorp, LJ, Schmittmann, VD, & Borsboom, D. (2012). qgraph: visualizações de rede de relacionamentos em dados psicométricos. *Jornal de software estatístico*, 48, 1-18.
- Fundação zoobotânica rs. (2014). Lista da Flora Gaúcha Ameaçada de Extinção. Recuperado de http://www.mcn.fzb.rs.gov.br/upload/20141208161010anexo_i_taxons_da_flora_nativa_d_o_estado_rio_grande_do_sul_ameacadas_de_extincao_1_.pdf.
- Galate, R. D. S., Mota, M. G. D. C., Gaia, J. M. D., & Costa, M. D. S. S. (2012). Caracterização morfoagronômica de germoplasma de açaizeiro no nordeste paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 540-550.
- Kopp, M. M., Souza, V. D., Coimbra, J. L. M., Luz, V. D., Marini, N., & Oliveira, A. D. (2007). Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendogramas. *Revista da FZVA*, 14(2), 46-53.
- Maciel, A. R. N. A., de Oliveira, M. D. S. P., Martorano, L. G., Nunes, J. A. R., & Sousa, T. S. (2022). Divergência Genética em *Oenocarpus distichus* Mart. de Diferentes Procedências do Estado do Pará por Caracteres Morfoagronômicos. *Research, Society and Development*, 11(6), e17811628872-e17811628872.
- Mahalanobis, P. C. (1936). Distância generalizada em estatística. *Anais do Instituto Natural de Ciências*, v. 2, p. 49-55. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28872>.
- Mendes, G. G. C.; Gusmão, M. T. A.; Martins, T. G. V.; Rosado, R. D. S.; Alencar Sobrino, R. S.; Nunes, A. C. P.; Ribeiro, W. S. & Zanuncio, J. C. (2019). Genetic divergence of native palms of *Oenocarpus distichus* considering biometric fruit variables. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41507-4>.
- Oliveira, F. L. D. S. D., & Oliveira, L. S. D. (2021). Dissimilaridade de características morfológicas entre tipos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em Capitão Poço, Pa.
- Rios, R. D. M. (2020). *Caracterização morfoagronômica e molecular de acessos de açaí coletados na Amazônia Oriental brasileira*. Embrapa Amapá-Tese/dissertação (ALICE).
- Rocha, J.D.L.; Guilherme, F.A.G.; Rocha, D.I.; Pereira, K.D.A.R.; Coelho, C.P. & Souza, LFD (2022). Morfometria de frutos e pirenos em dois morfotipos e populações de *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae). *Ciência Rural*, 52.
- Schlundwein, G., Tonietto, A., & Witter, S. (2019). Início da produção de frutos em progênies de butiazeiro (*Butia odorata*). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 25(3), 156-163.
- Sebbenn, A. M., Siqueira, A. C. M. F., Kageyama, P. Y., & Machado, J. A. R. (1998). Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva-*Myroxylon peruiferum* LF Allemão. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, 53, 31-38.
- Serpa, R. D. L. P., de Moraes, I. L., da Silva Santos, A. B., Costa, R. R. G. F., & Nascimento, A. R. T. (2022). Biometria de infrutescências, frutos e sementes de *Mauritia flexuosa* L. f.(Arecaceae) em veredas do sul goiano. *Research, Society and Development*, 11(8), e53311831458-e53311831458.
- Soares, K. P. (2013). O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) E *Butia Witeckii*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J.(1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, Austria, 11: 33-40.
- Trajano, E. D. M. (2022). *Variação fenotípica e genética para variáveis biométricas e produtividade de frutos em acessos de Butia odorata e Butia catarinensis*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Wons, F. (2020). *Avaliação do estado de conservação de Butia exilata e o impacto dos agrotóxicos na dinâmica de vida das abelhas solitárias*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo. 90 f.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho contribuiu para a elucidação sobre o polimorfismo atribuído às espécies *B. exilata* e *B. lallemantii*. As maiores médias e variâncias da massa e das dimensões dos frutos foram encontradas em *B. exilata*. Entretanto, as maiores médias e variâncias da massa e das dimensões do pirênio foram encontradas em *B. lallemantii*. O menor número de correlações altas foi encontrado na maior população analisada (população - Alegrete).

A análise biométrica utilizando o método de dissimilaridade euclidiano separou as espécies *B. exilata* e *B. lallemantii* em dois grupos distintos. A massa do pirênio foi a variável que mais contribuiu para essa separação.

Foi constatada uma maior diversidade genética intrapopulacional em comparação a diversidade genética interpopulacional em *B. lallemantii*. Todas as características morfométricas demonstraram variabilidade dentro das populações de *B. exilata* e *B. lallemantii*. Contudo, a massa do fruto, massa do pirênio e massa do mesocarpo demonstram maior variabilidade genética nas análises.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, F. A. L. Utilização de técnicas de análise multivariadas no estudo da diversidade genética em quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, 26(1), 2021.
- ALVES, F. D. S. & MARCHIORI, J. N. C. Nota sobre a ocorrência natural do butiá-anão (*Butia lallemantii* deble & marchiori) no cerro do Jarau, Quaraí - Rio Grande do Sul. **Balduínia**, n. 24, p. 30-32, 30-IX-2, 2010.
- BAKER, W. J., & DRANSFIELD, J. Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 182(2), 207-233, 2016.
- BISPO, R. B.; DARDENGO, J. D. F. E.; BISPO, R. B.; BISPO, R. B. & ROSSI, A. A. B. Divergência genética entre genótipos de *Mauritia flexuosa* L. f. por meio de morfometria de frutos e sementes. **Nativa**, 8(4), 2020. DOI: 585-590.10.31413/nativa.v8i4.8622.
- BUTTOW, M. V. (2008). *Etnobotânica e caracterização molecular de Butia sp.* Dissertação de Mestrado (Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas.
- BUTTOW, M. V.; CASTRO, C. M.; SCHWART, Z. E.; TONIETTO, A.; & BARBIERI, R. L. Caracterização molecular de populações de *Butia capitata* (Arecaceae) do Sul do Brasil através de marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 230-239, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000001>.
- CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. D. S. & LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, 27, 43-51, 2003.
- CARDOSO, M. C. **El palmar, la palma y el butiá**. Montevideo: Productora Editorial, 23p. (Fichas didáticas n. 4.) 1995.
- COGO, M. R. M.; OSÓRIO, T. M.; SANTOS, N. L.; BACEGA, A.; & DE SOUZA, V. Q. O gênero *Butia* (Arecaceae) com ênfase nas espécies *Butia exilata* e *Butia lallemantii*: uma revisão. **Research, Society and Development**, 9(12), 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10675>.
- COGO, M. R. M.; ROSA, L. Z.; SILVEIRA, D. N. B.; BACEGA, A.; SANTOS, N. L.; LOPES, A. M. & DE SOUZA, V. Q. Diversidade genética de *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) com base em dados morfométricos de três populações naturais com ocorrência no bioma Pampa. **Research, Society and Development**. 2022.
- COGO, M. R. M.; ROSA, L. Z.; SILVEIRA, D. N. B.; BACEGA, A.; SANTOS, N. L.; LOPES, A. M. & DE SOUZA, V. Q. Caracterização populacional de *Butia exilata* Deble & Marchiori e *Butia lallemantii* Deble & Marchiori (Arecaceae) usando dados morfométricos. **Research, Society and Development**, 11(8), 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30733>.

CRUZ, C. D. Programa Genes: Aplicativo computacional em estatística aplicada à genética (GENES-Software for Experimental Statistics in Genetics) **Genet Mol Biol.** 1998.

CRUZ, C. D. Programa GENES, aplicativo computacional em genética e estatística. **Viçosa: Editora UFV**, 648 p. 2001.

CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016.

CRUZ, E. D.; MARTINS, F.O. & CARVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke), Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica.** 24(2):161-165, 2001.

DEBLE, L. P. & MARCHIORI, J. N. C. *Butia lallemantii*, uma nova Arecaceae do Brasil. **Balduinia**, n. 9, p. 01-03, 2006.

DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C.; ALVES, F. D. S.; & OLIVEIRA-DEBLE, A. D. Survey on *Butia* (Becc.) Becc.(Arecaceae) from Rio Grande do Sul state (Brazil). **Balduinia**, 30, 03-24, 2011.

DIAS, L. A. S. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins. **Viçosa: Editora UFV**, p. 405-475, 1998.

DONSKIH, V. G.; ANISKINA, T. S.; & KRYUCHKOVA, V. A. Variability and correlations of traits of the flower, leaf and fruit of *Malus zumi*. In IOP **Conference Series: Earth and Environmental Science** (Vol. 1010, No. 1, p. 012147). 2022. DOI:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012147>.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HARLEY, M. M.; & LEWIS, C. E. Genera Palmarum The Evolution and Classification of the Palms. **Royal Botanic Gardens, Kew.** 2008. DOI:<https://doi.org/10.34885/92>.

ELITH, J., & LEATHWICK, J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, 40, 677-697, 2009.

ELLERT-PEREIRA, P. E. *Filogenia de Butia (Arecaceae): um gênero de palmeiras sul-americano*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. 74 f. 2019.

ELLERT-PEREIRA, P. E.; ESLABÃO, M. P.; BARBIERI, R. & HEIDEN, G. Avaliação da conservação *in situ* de *Butia* (arecaceae) no Rio Grande do Sul. In **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso de Iniciação Científica, 24.; Encontro de Pós-graduação, 17, 2015, Pelotas.[Anais.]. Pelotas: UFPel, 2015.

EPSKAMP, S.; CRAMER, A. O.; WALDORP, L. J.; SCHMITTMANN, V. D. & BORSBOOM, D. qgraph: visualizações de rede de relacionamentos em dados psicométricos. **Jornal de software estatístico**, 48, 1-18. 2012.

ESLABÃO, M.; PEREIRA, P.; BARBIERI, R.; & HEIDEN, G. Mapeamento da distribuição geográfica de butiá como subsídio para a conservação de recursos genéticos. **Boletim de**

Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Clima Temperado. 2017.

ESLABÃO, M.; SILVEIRA, T.; BARBIERI, R. L. & HEIDEN, G. Biometria de endocarpos de *Butia* (Arecaceae) do Rio Grande do Sul. **Conference: II Encontro Internacional da Rota dos Butiazais At: Embrapa Clima Temperado** – Pelotas / RS. 2018.

FAVRETO, R. **Aspectos etnoecológicos e ecofisiológicos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae)**. Tese de Doutorado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

FERNANDES, R. C.; SOSINSKI JUNIOR, E. E.; & BARBIERI, R. Caracterização de frutos de *Butia odorata* em área de conservação in situ no município de Tapes (RS). **In Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso de Iniciação Científica, 27.; ENCONTRO DE Pós- graduação UFPEL, 20.; Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 4., 2018, Pelotas. Anais. Pelotas: UFPel, 2018.

FIOR, C. S. **Propagação de *Butia odotara* (Barb. Rodr.) Noblick & Lorenzi**. 202f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

FONSECA, R. S.; RIBEIRO, L. M.; SIMÕES, M. O. M., OLIVEIRA MENINO, G. C.; JESUS, F. M.; & REIS, S. B. Morfometria da flor e inflorescência de *Butia capitata* (Mart) Becc.(Arecaceae) em diferentes fases de desenvolvimento, no cerrado de Montes Claros–MG. **Revista Brasileira de Biociências**, 5(S1), 657-659. 2007.

FORMAGIO, M. G.; FACHI, L. R.; DEZENGRINI, E. M. B.; KRAUSE, D. P.; CAMPOS, T. N. V.; LIMA, K. S.; & KRAUSE, W. Rede de correlações entre características de flor e de fruto do maracujazeiro-azedo. **Scientific Electronic Archives**, 14(5), 49-54. 2021.

FOURCADE, Y.; BESNARD, A. G.; SECONDI, J. Paintings predict the distribution of species, or the challenge of selecting environmental predictors and evaluation statistics. **Global Ecology and Biogeography**, 27(2), 245-256. 2018.

FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA RS. **Lista da Flora Gaúcha Ameaçada de Extinção**. 2014. Recuperado de <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2052.109.pdf>

GAIERO, P.; MAZZELLA, C.; AGOSTINI, G.; BERTOLAZZI, S.; & ROSSATO, M. Genetic diversity among endangered Uruguayan populations of *Butia* Becc. species based on ISSR. **Plant Systematics and Evolution**, 292, 105–116. 2011.

GALATE, R. D. S.; MOTA, M. G. D. C.; GAIA, J. M. D.; & COSTA, M. D. S. S. Caracterização morfoagronômica de germoplasma de açazeiro no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34, 540-550. 2012.

GAVIÃO, C. F. C.; SUJII, P. S.; INGLIS, P. W.; & CIAMPI, A. Y. C. Análise genética em populações de *Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc utilizando marcadores moleculares RAPD. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 2007.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. & TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora. 2009.

HEIDEN, G. Diversidade e distribuição geográfica de *Butia* (Arecaceae). *V Simpósio do Morango. IV. Encontro sobre Pequenas frutas e Frutas nativas do MERCOSUL*, Pelotas, Brasil. 2010.

Instituto Nacional de Meteorologia, **INMET**. Dados históricos. Avaliado em <https://portal.inmet.gov.br/> acessado em 01 de fevereiro de 2022.

IUCN. **IUCN Red list categories and criteria: version 3.1**. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland and Cambridge. 2001.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; & SOUZA, L. D. Conseqüências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 12(32), 65-70. 1998.

KISSLING, W. D.; BALSLEV, H.; BAKER, W. J.; DRANSFIELD, J.; GÖLDEL, B.; LIM, J. Y.; & SVENNING, J. C. Palm Traits 1.0, a species-level functional trait database of palms worldwide. *Scientific Data*, 6(1), 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0189-0>.

KONZEN, E. R, & MARTINS, M. P Níveis contrastantes de diversidade genética entre populações da palmeira tropical ameaçada de extinção *Euterpe edulis* Martius. *Cerne* , 23 , 31-42. 2017.

KOPP, M. M.; SOUZA, V. D.; COIMBRA, J. L. M.; LUZ, V. D.; MARINI, N.; & OLIVEIRA, A. D. Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendogramas. *Revista da FZVA*, 14(2), 46-53. 2007.

KUINCHTNER, A. & BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia, Naturais e Tecnológicas*, 2(1), 171-182, 2001.

KUPSKI, J. **Caracterização de frutos, biometria dos endocarpos e dissimilaridade de butiazeiros na região das missões**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Bacharelado em Agronomia. Universidade Federal da Fronteira Sul. 2021.

LAINDORF, B. L.; FREITAS, K. E. J.; LUCINI, F.; STEFENON, V. M.; KÜSTER, M. C. T.; SCHÜNEMANN, A. L.; PUTZKE, J.; VICTÓRIA, F. C. & PEREIRA, A. B. Genetic Diversity and Structure of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) in Southern Brazil. *Tropical Conservation Science*, v. 11. 2018. DOI:<https://doi.org/10.1177/1940082918798330>.

LEITMAN, P.; SOARES, K.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; & MARTINS, R. C. Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015.

LEME, D. E. D. C.; ALVES, E. V. D. C.; LEMOS, V. D. C. O. & FATTORIA, A. Análise de redes: uma abordagem de estatística multivariada para pesquisas em ciências da saúde. *Geriatr. Gerontol. Aging (Impr.)*, 43-51, 2020.

MACIEL, A. R. N. A.; OLIVEIRA, M. S. P.; & SOUSA, T. S. Divergência genética entre populações de *Oenocarpus bacaba* de diferentes locais do Pará para caracteres de frutos. **Simpósio de Fruticultura Sustentável no Nordeste Paraense**. Universidade Federal Rural da Amazônia. 2016.

MACIEL, A. R. N. A.; OLIVEIRA, M. S. P.; MARTORANO, L. G.; NUNES, J. A. R. & SOUSA, T. S. Divergência Genética em *Oenocarpus distichus* Mart. de Diferentes Procedências do Estado do Pará por Caracteres Morfoagronômicos. **Research, Society and Development**, 11(6). 2022.

MAGNABOSCO, J. W. S.; FRAGA, H. P. F.; SILVA, R. S.; ROGALSKI, M.; SOUZA, E. M.; GUERRA, M. P.; VIEIRA, L. N. Characterization of the complete plastid genome of *Butia eriospatha* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Biology**. Ribeirão Preto, 43, (4), 2020.

MAHALANOBIS, P. C. Distância generalizada em estatística. **Anais do Instituto Natural de Ciências**, v. 2, p. 49-55. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28872>. 1936.

MAIROTA, P.; CAFARELLI, B.; DIDHAM, R. K.; LOVERGINE, F. P.; LUCAS, R. M.; NAGENDRA, H. Challenges and opportunities in harnessing satellite remote-sensing for **Ecological informatics**, 30, 207-214, 2015.

MARCATO, A. C. **Revisão taxionômica do gênero *Butia* (Becc). Becc (Palmae) e filogenia da subtribo Buttiinae Saakov (Palmae)**. 147f. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo. 2004.

MENDES, G. & OLIVEIRA, M. Dissimilaridade genética entre genótipos de tucumazeiro selecionados para alto teor de óleo na polpa por caracteres de cacho. **VIII Encontro Amazônico de Agrárias**. Universidade Federal Rural da Amazônia. – Belém / PA. 2016.

MENDES, G. G. C.; GUSMÃO, M. T. A.; MARTINS, T. G. V.; ROSADO, R. D. S.; ALENCAR SOBRINO, R. S.; NUNES, A. C. P.; RIBEIRO, W. S. & ZANUNCIO, J. C. Genetic divergence of native palms of *Oenocarpus distichus* considering biometric fruit variables. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41507-4>.

MORAIS, P. L. D. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N. D.; & ALVES, R. E. Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência e Agrotecnologia**, 28, 743-747. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000400003>.

MOURA, R. C. D.; LOPES, P. S. N.; BRANDÃO JUNIOR, D. D. S.; GOMES, J. G.; & PEREIRA, M. B. Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, 10, 415-419, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200040>.

NEVES, A. G. D. S. **Fenologia e diversidade genética da *Syagrus cearensis noblick***. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022.

NEVES, G. F. **Caracterização de populações naturais de Licuri, *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.(Areaceae): Pré-melhoramento e conservação da espécie.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 80 p., 2021.

OLIVEIRA, F. L. D. S. D. & OLIVEIRA, L. S. D. **Dissimilaridade de características morfológicas entre tipos de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em Capitão Poço, PA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia. 2021.

OLIVEIRA, M. S. P.; FERREIRA, D. F. & SANTOS, J. B. Divergência genética entre acessos de açazeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 501-506, 2017.

OLIVOTO, T.; SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; SZARESKI, V. J. & SCHMIDT, D. Multicollinearity in path analysis: a simple method to reduce its effects. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 1, p. 131-142, 2017.

PAIM, L.; AVRELLA, E.; FREITAS, E.; & FIOR, C. Collection of Plants in situ and Conditioning of *Butia lallemantii* Seedlings. **Floresta e Ambiente**, 26. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.057917>. 2019.

PEREIRA A. S., SHITSUKA, D. M., PARREIRA, F. J., & SHITSUKA, R. Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM. 2018. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

PEREIRA, P. **Caracterização da variabilidade genética de *Euterpe edulis* (Arecaceae) do Espírito Santo para produção de frutos.** Tese de Doutorado (Biologia Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.

PINHEIRO, R. M., FERREIRA, E. J. L. Caracterização morfométrica de frutos e sementes de *Geonoma maxima* subsp. *chelonura* (Spruce) AJ Henderson (Arecaceae). **Revista Biociências**, 24(1). 2018.

POZO, G.; GÓMEZ, J. J. M.; TOCINO, A., & CERVANTES, E. Seed geometry in the Arecaceae. **Horticulturae**, 6(4), 64, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040064>.

RAMANAIAH, P.; & RAJANNA, L. Estudos fenológicos em partes vegetativas e reprodutivas de *Dendrophthoe Falcata* (LF) Ettingsh. **Pesquisa e Comentários: Journal of Botany**, 7(2), 22- 28. 2018.

Rambo, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural.** (3a ed.), São Leopoldo: Ed. Unisinos, 473p. 2000.

RESENDE, M. D. V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias e populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p.61-77. 1991.

Rio Grande Do Sul. **Decreto n. 52.109 de 1 de dezembro de 2014.** Diário Oficial do Estado

do Rio Grande do Sul. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 3, 2 dez. 2014. http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20141222112707decreto52109_2014_flora.pdf.

RIOS, R. D. M. **Caracterização morfoagronômica e molecular de acessos de açaí coletados na Amazônia Oriental brasileira**. Embrapa Amapá-Tese/dissertação (ALICE). 2020.

RIVAS, M.; & BARILANI, A. Diversidad, potencial productivo y reproductivo de los palmares de *Butia capitata* (Mart.) Becc. de Uruguay. **Agrociencia- Sitio en Reparación**, 8(1), 11-20. 2004.

ROCHA, J.D.L.; GUILHERME, F.A.G.; ROCHA, D.I.; PEREIRA, K.D.A.R.; COELHO, C.P. & SOUZA, LFD Morfometria de frutos e pirenos em dois morfotipos e populações de *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae). **Ciência Rural**, 52, 2022.

RODRIGUES, H. C. D. A.; CARVALHO, S. P. D.; CARVALHO, A. A. D.; SANTOS, C. E. M. D.; & CARVALHO FILHO, J. L. S. D. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de mamoneira. **Ciência e Agrotecnologia**, 34(6), 1390-1395. 2010.

ROSA, L. Z., ALMEIDA, C. G. M., BRASIL, A. M. A., LAINDORF, B. L., COGO, M. R. M., KUHN, S. A., BACEGA, A., SANTOS, N. L., SILVEIRA, D. N. B., CASSOL, A. P. V., PEREIRA, A. B., & DE SOUZA, V. Q. A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste. **Research, Society and Development**, 10(14), 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.221042>.

ROSSATO, M. **Recursos Genéticos de Palmeiras Nativas do Gênero *Butia* do Rio Grande do Sul**. 136f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2007

SANTOS, R. C.; & SANTOS JÚNIOR, J. E. Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). **Revista Ceres**, 62(6), 507-514, 2015.

SCHLINDWEIN, G.; TONIETTO, A.; WITTER, S. Início da produção de frutos em progênies de butiazeiro (*Butia odorata*). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25(3), 156-163, 2019. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.2019253156-163>.

SCHWARTZ, E. **Produção, fenologia e qualidade dos frutos de *Butia capitata* em populações de Santa Vitória do Palmar**. Tese de doutorado (Agronomia) Universidade Federal de Pelotas. 94p. 2008.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y. & MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva–*Myroxylon peruiferum* LF Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 53, 31-38, 1998.

SERPA, R. D. L. P., DE MORAIS, I. L., DA SILVA SANTOS, A. B., COSTA, R. R. G. F., & NASCIMENTO, A. R. T. Biometria de infrutescências, frutos e sementes de *Mauritia*

flexuosa L. f.(Arecaceae) em veredas do sul goiano. **Research, Society and Development**, 11(8), 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31458>.

SILVA, A. R. D.; RÊGO, E. R. D.; PESSOA, A. M. D. S. & RÊGO, M. M. D. Análise de rede de correlação entre caracteres fenotípicos e genotípicos de pimenteiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(4), 372-377, 2016.

SILVA, D. R. A.; & GONÇALVES, R. M. O papel da literatura infantil no contexto da educação infantil e na formação da criança: uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, 9(5), 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3078>.

SILVA, F. C. D. S. **Rede de correlações, eficiência da seleção visual e indireta via capacidade de ramificação e índices de seleção em soja**. Tese de Doutorado (Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 2017.

SILVA, P. A. D. **Ecologia populacional e botânica econômica de *Butia capitata* (Mart.) Beccari no cerrado no norte de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 2008.

Silva, P. A. D. D., & Scariot, A. Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian cerrado in the north of the state of Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, 27(3), 580-589, 2013.

SILVA, P. H. **Caracterização de *Acrocomia aculeata* e *Acrocomia totai* por meio de descritores agromorfológicos**. Dissertação de Mestrado (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo, Campinas, SP, Brasil. 2017.

SILVA, P. H.; VIANNA, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; AZEVEDO FILHO, J. A.; & COLOMBO, C. A. Divergência genética entre espécies de palmeiras *acrocomia* mart. Baseada em descritores morfoagronômicos. **Energia na agricultura**, 35(4), 562-577, 2020.

SOARES, K. P. **O gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) E *Butia Witeckii***. Dissertação de Mestrado (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. 2013.

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, Austria, 11: 33-40. 1962.

STRINGARI, L. **Extração e caracterização da fibra do pecíolo do Butiá anão (*Butia lallemantii*)**. Dissertação de Mestrado (Engenharia) Universidade Federal do Pampa. 95p. 2016.

TRAJANO, E. D. M. **Variação fenotípica e genética para variáveis biométricas e produtividade de frutos em acessos de *Butia odorata* e *Butia catarinensis***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2022.

VIANNA, S. A. **Diversidade genética e morfo-anatômica de *Acrocomia* spp. (ARECACEAE)**. Tese de Doutorado em (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo. Campinas, SP, Brasil. 2016.

WONS, F. Avaliação do estado de conservação de *Butia exilata* e o impacto dos agrotóxicos na dinâmica de vida das abelhas solitárias. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais.

6. VITAE

A minha trajetória escolar iniciou em 1994, na Escola Municipal Érico Veríssimo, na localidade do Lageado, interior do município de Manoel Viana, Rio Grande do Sul. Concluí o Ensino Fundamental nesta escola em 2001, e no ano seguinte iniciei a minha jornada no Ensino Médio na Escola Estadual de Educação Básica Manoel Viana, única escola que oferta Ensino Médio no município de Manoel Viana. Concluído o Ensino Médio, prestei vestibular na Universidade Federal de Santa Maria, sem aprovação na rede pública, optei por ingressar no Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário da Região da Campanha, campus Alegrete, no ano de 2005. Nesta fase o meu tempo era dividido entre o estudo e o trabalho, e dentre as várias atividades desenvolvidas na época, destaco os trabalhos de locução de rádio, pois contribuíram muito para a minha evolução profissional.

Por ter desenvolvido a aptidão em edição de áudios, fui convidado para assumir o cargo de Assessor Legislativo da Câmara Municipal de Vereadores de Manoel Viana, dentre as várias atribuições que desempenhava, realizava a edição dos áudios das sessões e redigia as Atas. Nesta época dividia meu tempo entre estes dois empregos e iniciava uma Pós Graduação em Ciências Agrárias – Produção Vegetal no Instituto Federal Farroupilha, Campus São Vicente do Sul.

No final de outubro de 2010, optei por encerrar este ciclo na Rádio e na Câmara Municipal de Vereadores para assumir um cargo de professor de biologia na Escola Estadual de Educação Básica Manoel Viana, escola que eu havia feito meu Ensino Médio. Em 2012, ainda concluindo a especialização em Ciências Agrárias, ingressei no mestrado do Programa de Pós Graduação em Agrobiologia da Universidade Federal de Santa Maria. Neste mesmo ano defendi meu trabalho de conclusão da especialização, e segui conciliando o trabalho na escola em Manoel Viana com o mestrado em Santa Maria, até minha defesa da dissertação em 2014.

Em 2015 assumi uma vaga de professor substituto do Instituto Federal Farroupilha, neste período iniciei a docência no Ensino Superior, passando pelos Cursos de Licenciatura em Educação do Campo, Licenciatura em Química, Licenciatura em Ciências Biológicas e Tecnólogo em Produção de grãos. Foram anos de muita dedicação e crescimento profissional. Nos dois anos que permaneci na instituição participei de 16 bancas de TCC, fiz parte da organização de vários eventos e fui orientador de TCC de dois acadêmicos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Todas essas atividades foram concomitantes a docência na Escola Manoel Viana.

Em 2018 fui professor supervisor do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência na escola Manoel Viana, projeto vinculado ao Instituto Federal Farroupilha, campus Alegrete. Neste mesmo período iniciei o planejamento para o ingresso no doutorado. No segundo semestre de 2019 ingressei no Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa. Logo, no ano seguinte, veio à pandemia da Covid-19 e tivemos que nos readaptar, as aulas que seriam na universidade, naquele momento só poderiam ser realizadas de forma on-line. A pandemia se estendeu pelos anos de 2020 e 2021 com muitas restrições devido aos altos índices de infecções. Devido a esta condição, concluí todas minhas disciplinas no modo remoto. Entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, realizei minhas coletas para o trabalho experimental da tese e devido à pandemia e a natureza do trabalho, parte das análises foram realizadas nos laboratórios do Instituto Federal Farroupilha, instituição que havia trabalhado até 2017.

Finalizo este desafio, iniciado em 2019, com quatro artigos publicados em minha autoria e quatro artigos como coautor, além de um artigo autoral que ainda será submetido para publicação.

Concluído esta fase de grande importância para minha vida pessoal e profissional, o sentimento que tenho é de gratidão por todas as pessoas que contribuíram na minha formação até aqui, desde meus professores lá do Ensino Fundamental até os atuais da Pós-graduação, todos tiveram sua parcela de contribuição. Encerro mais este ciclo com o pensamento de que não importa quão grandioso seja o objetivo, o importante é ter perseverança e encarar as adversidades com calma e determinação.