

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL - UERGS  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÊNFASE EM GESTÃO  
AMBIENTAL MARINHA E COSTEIRA**

**EDUARDO DE MATOS TRAJANO**

**VARIAÇÃO FENOTÍPICA E GENÉTICA PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E  
PRODUTIVIDADE DE FRUTOS EM ACESSOS DE *Butia odorata* E  
*B. catarinensis***

**OSÓRIO**

**2022**

**EDUARDO DE MATOS TRAJANO**

**VARIAÇÃO FENOTÍPICA E GENÉTICA PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E  
PRODUTIVIDADE DE FRUTOS EM ACESSOS DE *Butia odorata* E  
*B. catarinensis***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, Ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, convênio Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadores:

Prof. Dr. Enéas Ricardo Konzen

Prof. Dr. Claudimar Sidnei Fior

**OSÓRIO**

**2022**

### Catálogo de Publicação na Fonte |

T768v	<p>Trajano, Eduardo de Matos. Variação fenotípica e genética para variáveis biométricas e produtividade de frutos em acessos de <i>Butia odorata</i> e <i>Butia catarinensis</i> / Eduardo de Matos Trajano. – Osório, 2022. 44 p.</p> <p>Orientação: Prof. Dr. Enéas Ricardo Konzen. Co-orientação: Prof. Dr. Claudimar Sidnei Fior.</p> <p>Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Unidade Universitária em Osório, 2022.</p> <p>1. Variáveis biométricas. 2. Componentes de variância fenotípica. 3. Análises de componentes principais. 4. Genética da conservação. I. Konzen, Enéas Ricardo. II. Fior, Claudimar Sidnei. III. Título.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Laís Nunes da Silva CRB10/2176.

**EDUARDO DE MATOS TRAJANO**

**VARIAÇÃO FENOTÍPICA E GENÉTICA PARA VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E  
PRODUTIVIDADE DE FRUTOS EM ACESSOS DE *Butia odorata* E  
*B. catarinensis***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, Ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, convênio Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadores:

Prof. Dr. Enéas Ricardo Konzen

Prof. Dr. Claudimar Sidnei Fior

Aprovado em: / /

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gilvano Ebling Brondani  
Universidade Federal de Lavras, MG

---

Prof. Dr. Miklos Maximiliano Bajay  
Universidade do Estado de Santa Catarina

**OSÓRIO  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Marilei, por ter insistido que eu retomasse minha graduação e por todo apoio durante este período.

Agradeço ao meu pai, Eduardo, pela ajuda financeira e suporte emocional quando quis abandonar os estudos.

Agradeço à minha prima, Mariléia, pela torcida, apoio e por sempre me escutar quando precisava conversar. Agradeço-a também por ter me indicado o professor Enéas para ser meu orientador.

Agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Enéas Ricardo Konzen, por ter me aceitado como orientando e pela confiança depositada em mim durante o desenvolvimento deste estudo. Agradeço-o por esta oportunidade e pelos ensinamentos passados.

Agradeço também ao Prof. Dr. Claudimar Sidnei Fior pela orientação e disponibilidade durante a execução do trabalho.

Agradeço a todos os indivíduos do grupo Genética no Cotidiano, pelos conselhos e sugestões, facilitando o desenvolvimento do meu estudo.

Agradeço à discente Kaliana Ferreira por sua ajuda nas coletas e análises deste estudo. Suas contribuições foram precípuas.

Agradeço também ao Prof. Dr. Miklos Maximiliano Bajay pela colaboração nas coletas e demais atividades.

Agradeço à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e à Universidade Federal do Rio Grande Sul, bem como aos seus professores, pela formação de excelente qualidade que oferecem.

A todos que voluntariamente ou involuntariamente contribuíram para o desenvolvimento deste estudo

Agradeço.

*“Um homem bom, mesmo que seja escravo, é livre; mas um homem mau, mesmo que seja rei, é escravo; pois ele não serve somente um homem, mas o que é ainda pior, seus vícios são seus senhores.”*

Santo Agostinho

*“O homem que não sabe dominar os seus instintos é sempre escravo daqueles que se propõem satisfazê-los.”*

Gustave Le Bon

## RESUMO

As palmeiras do gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) são popularmente conhecidas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina e há um conhecimento tradicional associado ao seu uso e conservação. A taxonomia do gênero é complexa e as características fenotípicas dos indivíduos das espécies possuem elevada variabilidade, sugerindo também haver elevada variabilidade genética. *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick e *Butia catarinensis* Noblick e Lorenzi são espécies tipicamente litorâneas. A caracterização biométrica de frutos de butiazeiros, através do programa computacional *Smartgrain*, foi feita, bem como a obtenção da massa de 100 frutos e a massa da polpa destes mesmos frutos, visando-se à decomposição de componentes da variância fenotípica para estas variáveis. Duas populações de *B. catarinensis* tiveram seus frutos coletados (Osório e Laguna) e uma de *B. odorata* (Palmares do Sul). Essas variáveis obtidas apresentaram elevada variabilidade e foi possível detectar diferenças significativas nas médias dos três locais através dos testes de Tukey e Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). A variável circularidade não apresentou correlação (Pearson,  $P > 0,05$ ) com as outras variáveis biométricas e, portanto, foi analisada separadamente. Modelos de regressão comparando as variáveis referentes à produtividade e às dimensões do fruto foram testados quanto ao seu ajuste a um modelo linear, mas tais ajustes não foram possíveis devido à ausência de correlação significativa entre as variáveis. Depois de testes de máxima verossimilhança restrita (REML) e ANOVA serem realizados nos dados, os componentes de variância fenotípica foram decompostos e são idênticos por ambas as análises. A partir da variância total (ou seja, da variância fenotípica), a alta variância entre progênies obtida (28,5% para o modelo contendo duas espécies e 58,26% para o modelo com uma espécie) indica que há variabilidade genética para os caracteres examinados, o que fornece subsídios para que se continue com os estudos de genética da conservação e pré-melhoramento em populações naturais de butiazeiros do Litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

**Palavras-chave:** Variáveis biométricas, Componentes de variância fenotípica, Análises de componentes principais, Genética da conservação.

## ABSTRACT

*Butia* palms (Becc) Becc (Arecaceae) are commonly known in Rio Grande do Sul and Santa Catarina states and there is a traditional knowledge associated with its use and conservation. The genus taxonomy is complex and the phenotypic traits of the individuals of the species has high variability, suggesting a high genotypic variability as well. *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick and *Butia catarinensis* Noblick and Lorenzi are typically coastal species. Here, the biometric characterization of *Butia* palm fruit, through Smartgrain software were conducted. Moreover, we determined the weight of 100 fruits and the weight of the pulp of the same fruits aiming at the decomposition of phenotypic variance components for these variables. The fruits of two populations of *B. catarinensis* were sampled (Osório and Laguna) as well as one population of *B. odorata* (Palmares do Sul). The biometric variables measured showed a high variability and significant differences were found among the three sites, as verified through Tukey and Scott-Knott tests ( $P < 0,05$ ). The circularity of fruits did not show a significant correlation (Pearson,  $P > 0,05$ ) with the biometric variables, therefore it was analyzed separately. Regression models comparing the variables related to productivity and fruit shape were tested for their adjustment to a linear model, but no such adjustment was possible due to non-significant correlation among them. After performing restricted maximum likelihood (REML) and analysis of variance (ANOVA) to the data we decomposed identical components of the phenotypic variance from both analyses. From the total variance (that is, the phenotypic variance), the high variance among progenies obtained (28,5% for the model containing two species and 58,26% for the model with one specie) indicates that there is genetic variability for the examined characters. Our results subsidize strategies for continuing conservation genetic and pre-enhancement studies with *Butia* palms natural populations from coastal areas of Rio Grande do Sul and Santa Catarina states.

**Keywords:** Biometric variables, Phenotypic variances components, Principle component analyses, Conservation genetics.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1	Família Arecaceae Schultz Sch. e Gênero <i>Butia</i> (Becc.) Becc .....	7
2.2	Variabilidade genética de butiás.....	9
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1	Material vegetal e área de estudo .....	11
3.2	Análises biométricas no <i>SmartGrain</i> e determinação da quantidade de polpa ...	13
3.3	Análises estatístico-genéticas .....	15
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>
4.1	Identificação de variáveis correlacionadas e verificação de pressupostos para análises paramétricas .....	18
4.2	Modelos lineares e modelos mistos.....	20
4.3	Variação da área dos frutos entre locais e progênies.....	20
4.4	Análise da variável circularidade .....	22
4.5	Análises de componentes principais .....	23
4.6	Análises de produtividade .....	25
4.7	Componentes de variação fenotípica .....	28
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>
	<b>APÊNDICE A – SCRIPT DO PROGRAMA COMPUTACIONAL R COM A MANEIRA COM A QUAL AS ANÁLISES ESTATÍSTICAS E FIGURAS FORAM ELABORADAS</b> .....	<b>39</b>
	<b>APÊNDICE B: LISTA DOS INDIVÍDUOS E SUAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) são popularmente conhecidas em diversos municípios do Rio Grande do Sul, principalmente aqueles no sul do Estado, e há um conhecimento tradicional associado ao seu uso e conservação (BUTTOW, 2009). Aliado a este conhecimento popular é possível citar os principais usos destas plantas, quais sejam: consumo *in natura*, fabricação de licores e cachaças, de sorvetes e geleias além do uso de suas folhas na confecção de artesanatos e a planta como um todo no paisagismo e ornamentação (HOFFMANN et al., 2014).

Apesar da importância e reconhecimento dos butiazais pelas comunidades locais, ainda há pouca literatura a respeito do tema. De acordo com Hoffmann et al. (2014), grande parte das publicações acerca do gênero estão escritas na língua portuguesa. Haja vista esta lacuna no conhecimento científico, os potenciais de uso deste recurso e os impactos que as espécies de butiás estão sofrendo (e.g. expansão da urbanização, agricultura e pecuária, principalmente o manejo com gado) faz com que novos estudos com as espécies sejam necessários (SCHWARTZ et al., 2010).

Segundo o decreto estadual nº 52.109/2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014a), que lista as espécies da flora ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul, muitas espécies do gênero *Butia* encontram-se nesta situação, inclusive *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick e *Butia catarinensis* Noblick e Lorenzi, objetos deste estudo. O decreto classifica *B. odorata* como em perigo (EN), devido a um declínio na população ocasionado pela diminuição da área de ocupação, da qualidade de seu habitat e dos níveis de explorações reais ou potenciais associados à espécie; já *B. catarinensis* é caracterizado como criticamente em perigo (CR) devido a situações similares, porém piores, daquelas ocorridas em *B. odorata* (BRASIL, 2013). Devido à *B. catarinensis* encontrar-se no estado de conservação criticamente em perigo a Secretária do Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do Sul (SEMA-RS) publicou a portaria nº 46 de 2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014b) que dispõe sobre o manejo desta espécie, visando principalmente o litoral norte do estado (área de ocorrência). A portaria dispõe sobre a proibição do corte dos espécimes e permite a extração de frutos e folhas para fins comerciais apenas mediante autorização dos órgãos competentes e em áreas de restinga arbustiva em estágio avançado de regeneração, além de dar outras providências.

As espécies de butiás vivem em agrupamentos conhecidos como butiazais e muitas outras espécies ocorrem em conjunto nesse ecossistema. Um estudo realizado no Uruguai em um campo natural de *B. odorata* encontrou a presença de 70 táxons ocorrendo com as palmeiras, seja na porção interna do palmar como na externa (RIVAS et al., 2014). Já Marchi et al. (2018), em estudo similar realizado no Bioma Pampa no município de Tapes, Rio Grande do Sul, evidenciaram 261 táxons vegetais simultâneos ao ecossistema de butiazais. Esses estudos mostraram a importância ecológica dessas palmeiras e da biodiversidade associada e tentaram dar subsídios para a criação de políticas públicas para a conservação deste gênero. Apesar disso e como já mencionado, ainda há poucos artigos sobre o gênero *Butia* e aqueles focados em conservação são ainda mais escassos.

Os butiazais são um ecossistema único no planeta e devido a sua plasticidade fenotípica são espécies-chave na conservação de seus habitats e de toda a biodiversidade agregada (RIVAS et al., 2014; MARCHI et al., 2018). As principais ações antrópicas que afetam as populações de butiás são: a especulação imobiliária e o crescimento desordenado das cidades, a pecuária extensiva e a substituição de seu ambiente natural por grandes extensões de monoculturas (MISTURA, 2013; NAZARENO e REIS, 2014). Apesar de haver portarias e decretos e de várias espécies de butiás constarem em listas de flora ameaçada, os projetos e artigos acerca do uso sustentável deste recurso ainda são incipientes. Dentre os esforços empreendidos na conservação destes palmares destacam-se os pesquisadores da Embrapa Clima Temperado e o Projeto Rota dos Butiazais, que envolveu Brasil, Uruguai e Argentina nos anos de 2015 a 2017 (PORTELINHA et al., 2020).

Os butiazeiros, do ponto de vista econômico, são relativamente subutilizados. O crescimento lento e a dormência das sementes são os principais fatores que fazem com que estas palmeiras não sejam tão visadas comercialmente. Porém os usos destas plantas são conhecidos desde o século XIX, quando suas folhas eram utilizadas na produção de crina vegetal para a fabricação de estofados (BARBIERI e ROSSATO, 2007). Além disso, evidências arqueológicas mostraram o uso de butiá há mais de 5000 anos por populações humanas que praticavam caça, coleta e pesca nestas áreas (LOPEZ-MAZZ e BRACCO, 1992). Hoje em dia elas são utilizadas como ornamentais, na fabricação de doces e cachaças e são uma importante fonte de renda para comunidades locais.

Junto do potencial econômico o ecossistema de butiazais também fornece serviços ambientais de provisão e de regulação, além de suas paisagens possuírem um alto valor cultural. O declínio das populações, ocorridos pelas causas anteriormente citadas, faz com que novas pesquisas e projetos sejam necessários, inclusive para capacitar cidadãos que depreendem atividades laborais com os butiazeiros, além de preencher lacunas na literatura científica.

Este estudo visou à análise de acessos de butiás localizados no litoral norte do Rio Grande do Sul e litoral sul de Santa Catarina, buscando-se a caracterização de recursos genéticos de *B. odorata* e *B. catarinensis* por intermédio de variáveis biométricas dos frutos. As contribuições do estudo fazem parte de um projeto maior, dedicado a subsidiar a elaboração de programas de conservação e ampliar os conhecimentos acerca do gênero *Butia*. Especificamente neste trabalho, o objetivo essencial foi investigar a variação fenotípica e genética para variáveis biométricas e de produtividade de frutos das duas espécies, acessando-se as contribuições relativas de cada componente da variação fenotípica intra e/ou interespecífica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FAMÍLIA ARECACEAE SCHULTZ SCH. E GÊNERO *BUTIA* (BECC.) BECC

A família Arecaceae Schultz Sch apresenta uma ampla distribuição mundial, com espécies em todos os continentes, excetuando a Antártida, tendo a sua maior riqueza de espécies na região equatorial do globo, na Malásia, Ásia tropical e América equatorial e a menor riqueza na Europa (DRANSFIELD et al., 2008). São plantas tipicamente tropicais, adaptadas ao clima quente e úmido, mas a família é tão diversa que muitas espécies manifestam modificações específicas aos mais diferentes tipos de habitats (LORENZI et al., 2010).

De acordo com Soares et al. (2014) Arecaceae é um importante tronco da evolução das monocotiledôneas. A família possui cerca de 2600 espécies distribuídas em 252 gêneros (DRANSFIELD et al., 2008), sendo que a classificação taxonômica sofre alterações ocasionalmente. No Brasil são encontrados 38 gêneros e 270 espécies (LORENZI et al., 2010), também havendo modificações conforme novas pesquisas são realizadas. As palmeiras são muito utilizadas pelos seres humanos por possuírem um alto valor nutricional e medicinal. Algumas comunidades tradicionais (e.g. indígenas e ribeirinhos) usam estas espécies na fabricação de utensílios e na construção, mostrando a importância socioeconômico-cultural desta família de plantas (ZAMBRANA et al., 2007).

O gênero *Butia* (Becc.) Becc. é formado por palmeiras subtropicais que ocorrem na América do Sul, tendo representantes no Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina (HOFFMANN et al., 2014; LEITMAN et al., 2015). Este gênero é formado por plantas de tamanhos pequenos a moderados, com estipe solitário ou cespitoso. Algumas espécies são acaulescentes, sendo estas pequenas e encorpadas enquanto outras são eretas e com o caule variando entre 8-12 metros de altura. As folhas são penadas ou arqueadas e o pseudopécíolo possui margens inermes ou denteadas. As ráquis são arqueadas e a disposição dos folíolos é ascendente, formando um “V”. As flores ficam na parte inferior da ráquila em grupos de três, com uma flor pistilada no centro e uma estaminada em cada lado. Na porção superior da ráquila ocorrem apenas flores estaminadas, solitárias ou em duplas. Os frutos apresentam grande variedade de formas e cores, podendo ser elipsoides, globosos, oblongos ou ovoides e sua

coloração varia entre amarelo, alaranjado, vermelho, esverdeado, marrom e roxo (NOBLICK, 2014; MISTURA et al., 2015; HEIDEN et al., 2020).

As espécies do gênero *Butia* ocorrem em diferentes ecossistemas dos biomas Pampa, Cerrado e Mata Atlântica, principalmente em campos (SOARES et al., 2014). Soares et al. (2014), em um estudo de levantamento das espécies da família Arecaceae que ocorrem no Rio Grande do Sul, encontraram oito espécies de *Butia* consideradas nativas no estado. Dentre elas as espécies *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick e *Butia catarinensis* Noblick e Lorenzi, que são encontradas em regiões costeiras (HEIDEN et al., 2020), serão objeto de estudo deste projeto.

Tanto *B. odorata* quanto *B. catarinensis* são espécies litorâneas, encontradas principalmente em áreas de campo aberto das restingas. Contudo *B. odorata* apresenta uma distribuição mais ampla, ocorrendo em grandes porções do litoral gaúcho, além de ter espécimes em Viamão, Porto Alegre e em partes centrais do estado, chegando lá de maneira introduzida, seja intencionalmente ou não. Também há ocorrência de *B. odorata* no sudeste do Uruguai, enquanto *B. catarinensis* aparece ao sul de Florianópolis, Santa Catarina, e no Rio Grande do Sul limita-se ao longo dos municípios de Torres a Osório (LEITMAN et al., 2015; HEIDEN et al., 2020).

As espécies diferenciam-se pelo porte, sendo os indivíduos adultos de *B. odorata* maiores, chegando a 8-12m de altura enquanto os de *B. catarinensis* raramente ultrapassam os 2m; outra diferença são os frutos, com os de *B. catarinensis* menores e mais alongados e seus endocarpos oblongos ou estreito ovóides ao passo que os endocarpos de *B. odorata* são globosos ou, às vezes, ligeiramente ovóides (SOARES et al., 2014).

Soares (2013) menciona que o gênero *Butia* é constituído por um complexo de espécies e variedades de difícil delimitação taxonômica, ficando claro que o gênero está em plena atividade evolutiva, sendo esta uma das razões de ocorrerem tantos caracteres intermediários entre os táxons. As palmeiras de *B. odorata* são as mais comuns em pomares do Rio Grande do Sul e pela sua tolerância ao frio também são cultivadas no exterior. São comuns também nas beiras de estradas, sendo dispersas de maneira não intencional por humanos e animais frugívoros (HOFFMANN et al., 2014).

Meerow et al. (2015) consideram *Butia* um gênero bem definido e monofilético. Martel et al. (2013), ao identificar uma característica comum às espécies de butiazeiros, qual seja, a presença de ráfides na forma de cristal nas margens das

pétalas das flores estaminadas, ajudou a unificar o gênero. Apesar disto e como descrito previamente, *Butia* possui espécies morfologicamente diversas, o que ocasiona dificuldades na delimitação das espécies e um impasse na classificação taxonômica.

Não há consenso entre o número de espécies dentro do gênero. Lorenzi et al. (2010) consideram 18 espécies. Já outro estudo de revisão acerca de *Butia* admite 24 espécies. (NOBLICK, 2014). Atualmente a *World Checklist of Selected Plant Families* – WCSP (2021) aceita 22 espécies, enquanto que a Flora do Brasil (HEIDEN et al., 2020) reconhece 19. Destarte, ainda há instabilidade quanto à classificação das espécies dentro do gênero, não sendo objetivo deste projeto fazer uma extensa revisão da taxonomia do mesmo. O Brasil é o país com maior riqueza, com ao menos 16 espécies, sendo o Rio Grande do Sul área de ocorrência para 8 destas espécies (SOARES et al., 2014; LEITMAN et al., 2015; HEIDEN et al., 2020).

## 2.2 VARIABILIDADE GENÉTICA DE BUTIÁS

A diversidade genética é alta dentro do gênero *Butia* e pode ser observada através das variações biométricas dos frutos e por outras variáveis morfológicas, moleculares e químicas (HOFFMANN et al., 2014). Corrêa et al. (2009) realizaram uma caracterização citológica para 5 espécies do gênero que ocorrem no Rio Grande do Sul (*B. eriospatha*, *B. yatay*, *B. odorata*, *B. capitata* e *B. paraguayensis*) e todas apresentaram a mesma fórmula cariotípica: 14 cromossomos metacêntricos, 12 submetacêntricos e 6 acrocêntricos, com os indivíduos diplóides tendo número cromossômico  $2n = 32$ .

Nazareno et al. (2011) desenvolveram marcadores microssatélites para *B. eriospatha* e demonstraram que estes marcadores podem ser usados em *B. catarinensis* e, por consequência, em outras espécies do gênero. Os marcadores são importantes para investigar a diversidade genética e dinâmica populacional, informações importantes para que planos de conservação possam ser propostos. *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) é um método eficaz para fazer comparações taxonômicas e determinar variabilidade genética. Gaieiro et al. (2011) utilizaram esse método em populações de butiazeiros de espécies diferentes no Uruguai (*B. yatay*, *B. paraguayensis* e *B. lallemantii*) e os resultados mostraram uma grande diversidade intraespecífica e uma proximidade interespecífica entre as espécies analisadas.

*Amplified fragment length polymorphism* (AFLP) é uma técnica multiloco capaz de analisar um grande número de bandas simultaneamente e foi frequentemente utilizada até a metade dos anos 2010. Também pode ser utilizada quando não há informações genéticas prévias para os organismos utilizados (BUTTOW et al., 2010). Buttow et al. (2010) utilizaram esse método em oito populações de *Butia odorata* (no artigo os autores se referem a essa espécie como *Butia capitata*, nome aceito quando o mesmo fora publicado) na região sul do Rio Grande do Sul (Tapes, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar). A variabilidade genética encontrada entre as populações foi significativa.

Hoffmann et al. (2016) realizaram um perfil metabolômico para quatro espécies de *Butia* (*B. yatay*, *B. paraguayensis*, *B. catarinensis* e *B. odorata*) utilizando cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas nas polpas dos frutos. Utilizando este método foi possível discriminar as quatro espécies analisadas pelos seus metabólitos, principalmente metabólitos primários, além de determinar a origem geográfica dos frutos de *B. odorata*. Os estudos moleculares com *Butia* demonstraram que o gênero possui elevada variabilidade genética, sendo um dos fatores para as incertezas na taxonomia. Estudos que complementam as informações moleculares, como o de Hoffmann et al. (2016), são importantes para que se entenda a distribuição geográfica e dinâmica populacional das espécies, fatores precípuos para o manejo das mesmas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

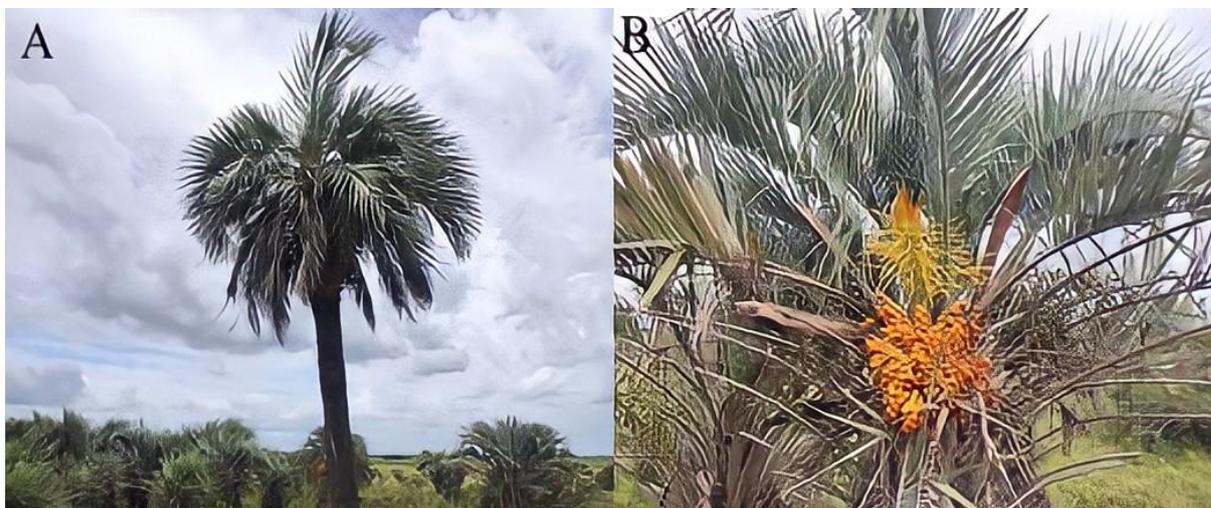
#### 3.1 MATERIAL VEGETAL E ÁREA DE ESTUDO

Os frutos de butiazeiros foram coletados de indivíduos de áreas localizadas em dois municípios do litoral norte do Rio Grande do Sul: Palmares do Sul (30° 16' 17" S e 50° 28' 35" W) e Osório (29° 54' 1" S e 50° 16' 26" W) (Fig. 1); e em um município do litoral de Santa Catarina, Laguna (28° 28' 57" S e 48° 46' 51"), especificamente na Praia do Gravatá (Fig. 2). Nestes locais se predomina o clima subtropical úmido com verões quentes (Cfa, conforme Köppen) (ALVARES et al., 2013).

Em Palmares do Sul, a temperatura média máxima anual é 23,33°C e a mínima é 17,33°C. A temperatura média na estação verão é 24,5°C. Em Osório a temperatura média na estação verão é 27,5°C, a temperatura média máxima anual é 23,42°C e a mínima é 17,16°C. Já em Laguna a temperatura média máxima anual é 24°C e a mínima é 18,67°C, e na estação verão a temperatura média é 27,5°C (WEATHER SPARK, 2022). O solo dos locais onde as coletas foram feitas é arenoso.

Os frutos foram coletados na estação do verão de 2022. Em cada um dos locais foi feita a seleção dos indivíduos, todos reprodutivos, e todos foram georreferenciados. Acessos distintos tiveram seus frutos coletados, selecionados aleatoriamente, totalizando 53 indivíduos adultos (16 indivíduos de Palmares, 15 de Osório e 22 de Laguna). As coordenadas geográficas de cada indivíduo podem ser vistas no apêndice B. De cada acesso tentou-se coletar 100 frutos, mas alguns indivíduos não possuíam esta quantidade, principalmente em Laguna/Gravatá. Os frutos foram armazenados em geladeira para conservação e processados posteriormente.

Figura 1: Butiazeiros de Palmares do Sul e Osório. A – indivíduo de *B. odorata* coletado em Palmares do Sul. B – Indivíduo de *B. catarinensis* coletado em Osório, com inflorescência e infrutescência.



Fonte: Autor (2022)

Figura 2: Butiazeiros da Praia do Gravatá (Laguna). A – Praia do Gravatá, Laguna, Santa Catarina; indivíduos de butiazeiros estão circulados em vermelho. B – indivíduos de *B. catarinensis* nas dunas. C – indivíduo com infrutescência.

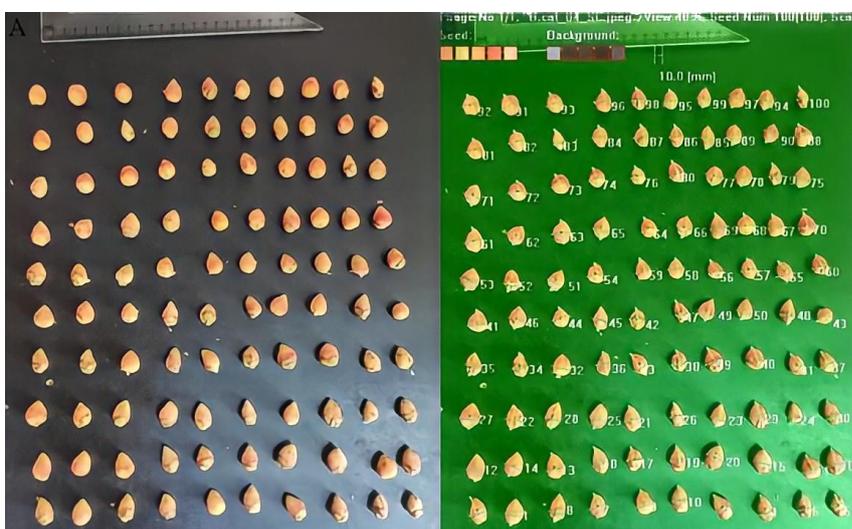


Fonte: Autor (2022)

### 3.2 ANÁLISES BIOMÉTRICAS NO *SMARTGRAIN* E DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE POLPA

Na sequência do processamento, 100 frutos de cada acesso (ou a quantidade máxima de frutos quando o acesso não possuía 100) foram dispostos de maneira uniforme sobre um fundo escuro, junto de uma régua de modo a delimitar a escala e registros fotográficos foram feitos. O programa computacional *SmartGrain*, desenvolvido por Tanabata et al. (2012), foi utilizado para a caracterização biométrica dos frutos determinando-se e analisando-se: área (área projetada pelo fruto na imagem em mm<sup>2</sup>), perímetro (m), comprimento (comprimento longitudinal em mm), largura (ou comprimento transversal em mm) e circularidade (proporção de adequação do formato do fruto a um círculo perfeito). Analisando as fotografias no *Smartgrain*, obtiveram-se as medidas individuais dos frutos, sendo que estas foram exportadas em tabelas em formato “csv”, obtidas pelo próprio programa. As tabelas foram convertidas e adaptadas no programa computacional Microsoft Excel (2007) e depois utilizadas para análises descritivas e estatísticas no programa computacional R (R CORE TEAM, 2022). O exemplo de um registro fotográfico que é utilizado no *Smartgrain* bem como a mesma imagem após o seu processamento é apresentado na figura 3.

Figura 3: Registro fotográfico de frutos de um indivíduo de Gravatá. A – frutos sobre um fundo preto, dispostos de maneira uniforme para evitar erros nas análises do programa computacional *Smartgrain*. B – imagem analisada.



Fonte: Autor (2022)

Os frutos de acessos de Gravatá, por serem mais alongados quando comparados aos de Osório e Palmares do Sul, foram dispostos em uma orientação diferente nas fotografias e este fato ocasionou em erros perceptíveis quando as imagens foram analisadas no *Smartgrain*, pois o programa media uma área projetada muito maior do que os frutos realmente eram. Para mitigar este problema, fotos adicionais com os frutos dos indivíduos de Gravatá, na mesma orientação que aqueles dos indivíduos de Osório e Palmares do Sul, de modo que uma comparação mais fidedigna entre os três locais fosse realizada (Fig. 4).

Figura 4: Registro fotográfico com frutos de acessos de Gravatá dispostos da mesma maneira que aqueles de Osório e Palmares do Sul. A – imagem com 20 frutos de seis acessos diferentes. B – imagem analisada no *Smartgrain*.



Fonte: Autor (2022)

Como estas fotos comparativas foram feitas após se ter percebido que a diferença na orientação dos frutos reflete em medidas diferentes das variáveis e nelas há apenas 20 frutos de cada indivíduo de Gravatá, apenas dados de 20 frutos de cada indivíduo de Osório e Palmares do Sul, escolhidos aleatoriamente, foram considerados para as análises subsequentes. Dos 53 acessos coletados, 30 foram considerados para as análises (10 de cada local).

A polpa dos frutos foi removida com uma lâmina ou outra ferramenta adequada e a massa dos 100 frutos (quando havia 100 frutos) foi medida em balança de precisão

(Fig. 5). Os diásporos foram removidos, limpos e armazenados para estudos além do propósito deste trabalho.

Figura 5: Massa da polpa de 100 frutos medida em balança de precisão.



Fonte: Autor (2022)

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICO-GENÉTICAS

Para ter uma melhor representação visual das variáveis, gráficos do tipo violino+*boxplot* foram elaborados no R usando o pacote *ggplot2* (WICKHAM, 2016). Estes permitem visualizar a distribuição de uma variável em termos de sua distribuição (mediana/quartil), variabilidade, densidade de probabilidade estimada (formato violino ou *violinplot*), assimetrias e presença ou ausência de *outliers* (valores que estão abaixo do primeiro quartil menos 1,5 vezes a distância interquartil e acima do terceiro quartil mais 1,5 vezes a distância interquartil). Analisando o *boxplot* foi possível detectar a presença de *outliers* e, removendo-os, representar novamente os dados através de histogramas e gráficos de quantis, verificando-se aproximações à distribuição Gaussiana.

Os dados de variáveis biométricas e de produtividade avaliadas nos frutos também foram submetidos a testes estatísticos com determinação da probabilidade de sua adequação quanto à distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk,  $P < 0,05$ ) e para determinar a homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett,  $P < 0,05$ ). A única variável que se enquadrou em ambos os testes foi a massa da polpa de 100 frutos (g),

enquanto a massa de 100 frutos (g) se enquadraram apenas no teste Bartlett ( $P < 0,05$ ). Nenhuma das outras variáveis se enquadraram nestas pressuposições para análises paramétricas, conforme os resultados dos testes estatísticos. No entanto, a eliminação dos *outliers* conduziu a aproximações com a curva normal. Além disso, dada a natureza dos fatores (fixos e aleatórios, conforme demonstrado na sequência) e o fato de pelo menos dois fatores (progênie e locais) serem analisados conjuntamente, procedeu-se com a realização de comparações entre modelos lineares e modelos lineares mistos, utilizando-se o teste de razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*), implementado no “*lme4*” (BATES et al., 2015) no R (WINTER, 2013).

Primeiramente, trabalhou-se com a hipótese de modelo linear para explicar os fatores “local” e “progênie”. Os dois fatores, portanto, foram interpretados como de efeitos fixos no modelo linear. Este modelo foi comparado com um modelo misto (*i.e.* pelo teste de razão de verossimilhança), em que a progênie e local permaneceram como efeitos fixos, mas a sua interação efeito aleatório. Os modelos testados foram:

$$\text{MODELO LINEAR: } Y_{ij} = m + P_{i(j)} + L_j + e_{ij}$$

$$\text{MODELO MISTO: } Y_{ij} = m + P_{i(j)} + L_j + (L \times P)_{ij} + e_{ij}$$

em que  $Y_{ij}$  é o valor fenotípico da  $i$ -ésima progênie do  $j$ -ésimo local;  $m$  é a média geral;  $P_{i(j)}$  é o efeito fixo da  $i$ -ésima progênie no  $j$ -ésimo local;  $L_j$  é o efeito fixo do  $j$ -ésimo local,  $(L \times P)_{ij}$  é o efeito aleatório da interação entre a  $i$ -ésima progênie do  $j$ -ésimo local; e  $e_{ij}$  é o erro ou efeito residual.

Da mesma forma, testou-se se as progênies e/ou locais deveriam ser consideradas como efeitos aleatórios ou fixos nos modelos. Os testes foram realizados a partir de adaptações dos modelos anteriores. A seleção do modelo mais adequado foi realizada a partir de significância avaliada por testes de qui-quadrado comparando pares de modelos.

A partir das comparações entre os modelos, procedeu-se com a ANOVA ( $P < 0,05$ ) em modelo fatorial duplo, seguida de comparações de médias por testes Tukey ( $P < 0,05$ ) e Scott-Knott ( $P < 0,05$ ), assim como pela análise de máxima verossimilhança restrita (REML).

Utilizando o pacote VCA (SCHUETZENMEISTER e DUFEY, 2020), no R, foi possível decompor a ANOVA e obter os componentes de variância do modelo, em

termos relativos (porcentagens). Estas variâncias foram denominadas como: variância devida aos locais/espécies, variância genotípica entre progênies, variância genotípica dentro de progênies e resíduo. Duas figuras expressando estes componentes de variância, em termos relativos (porcentagens) foram produzidas, uma com os dados completos e outra com as informações referentes aos municípios que possuíam a mesma espécie (Osório e Laguna, *B. catarinensis*), pelo menos a partir da inspeção dos caracteres morfológicos (análise visual dos indivíduos). Inspeções visuais dos resíduos também foram realizadas e estão representadas na forma de histogramas e *qqnorms*.

Através do pacote *corrplot* (WEI e SIMKO, 2021) determinaram-se e expressaram-se graficamente a correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ) entre as variáveis área, perímetro, comprimento, largura e circularidade. Posteriormente, realizou-se uma análise de componentes principais. O pacote *ggbiplot* (VU, 2011), no R, permite criar gráficos de análises de componentes principais, sendo que três análises foram realizadas: (i) uma com os dados dos três municípios; (ii) a segunda com os dados dos locais que continham a mesma espécie, *B. catarinensis* (Osório e Laguna); e (iii) a última foi feita com as variáveis referentes à produtividade (massa de 100 frutos (g), massa da polpa de 100 frutos (g) e rendimento (%)) ao passo que as outras duas foram elaboradas com as variáveis obtidas no *Smartgrain* (área, perímetro, comprimento, largura e circularidade).

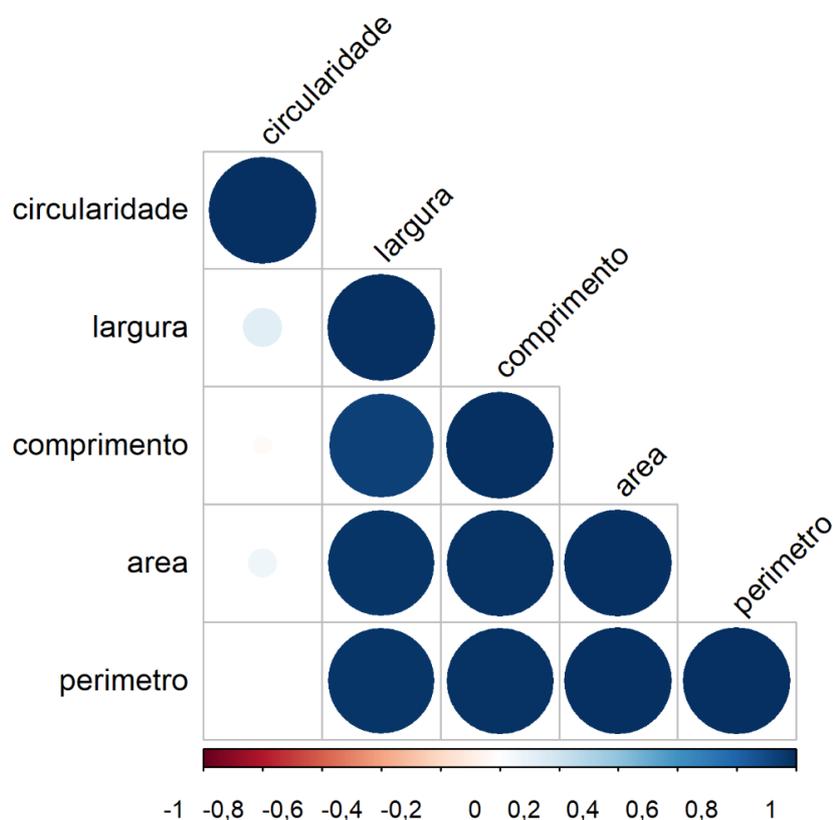
A massa da polpa de 100 frutos e a massa total destes frutos foram testadas quanto ao seu ajuste por modelos de regressão linear com combinações aos pares com as outras variáveis (área, perímetro, comprimento) e suas significâncias foram testadas através do teste t de Student ( $P < 0,05$ ). O *script* de como os dados foram analisados no programa computacional R (R CORE TEAM, 2022) está disponível no apêndice A deste estudo.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS CORRELACIONADAS E VERIFICAÇÃO DE PRESSUPOSTOS PARA ANÁLISES PARAMÉTRICAS

As maiores médias para as variáveis biométricas dos frutos foram encontradas nas progênies coletadas em Palmares do Sul: 420,55mm<sup>2</sup> para a área, 25,16mm para o comprimento e 22,08mm para a largura. Contrariamente, as progênies coletadas em Laguna/Gravatá apresentaram as menores médias (221,85mm<sup>2</sup>, 18,29mm e 16,2mm, respectivamente). Este padrão se repetiu para as demais variáveis, exceto a circularidade. Através do pacote *corrplot* (WEI e SIMKO, 2021) demonstrou-se que há uma correlação positiva e elevada entre as variáveis (Pearson,  $P < 0,05$ ), com exceção da circularidade (Fig.6).

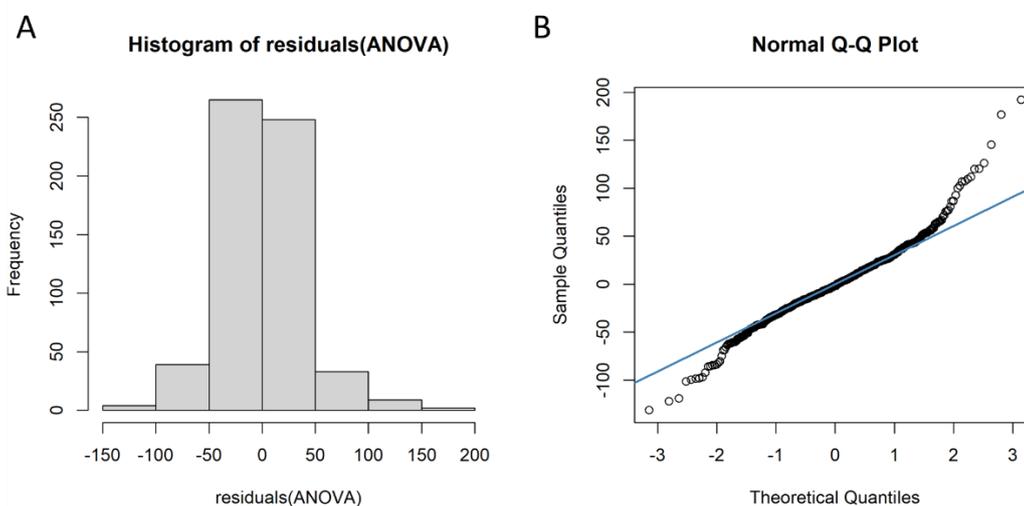
Figura 6: Correlação entre as variáveis biométricas. Círculos maiores e azuis indicam correlação positiva.



Fonte: Autor (2022)

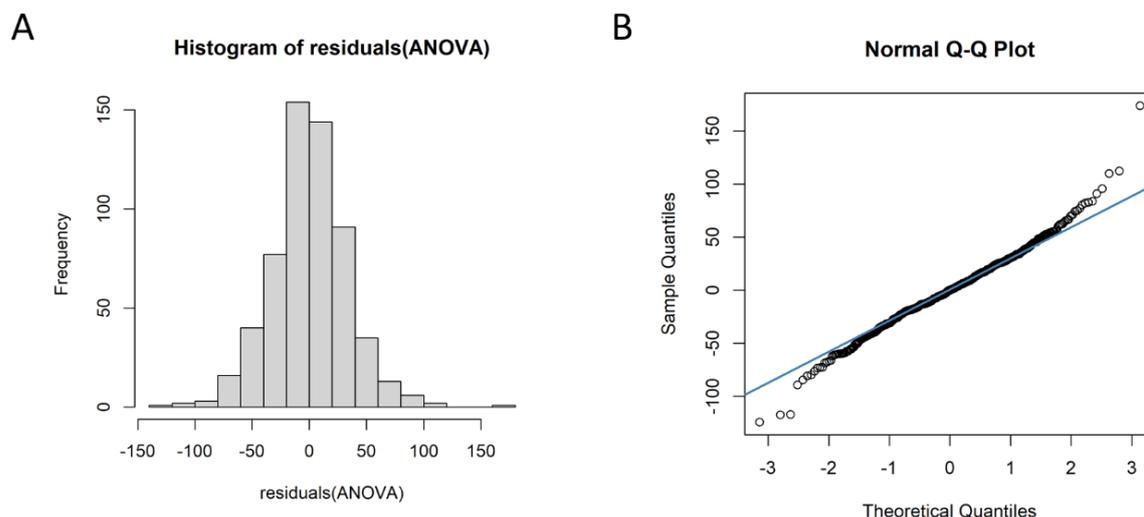
A partir das correlações positivas e elevadas observadas entre área, comprimento longitudinal (ou simplesmente comprimento), comprimento transversal (ou largura) e perímetro, verificou-se que as mesmas apresentaram comportamento similar entre progênies e locais, de modo que somente a área foi escolhida para descrever os principais resultados que seguem. A variável área (bem como as outras variáveis obtidas no programa computacional *Smartgrain*) foi submetida aos testes Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) e Bartlett ( $P < 0,05$ ) e não se enquadraram nos pressupostos para a realização da ANOVA. Ademais, inspeções visuais nos gráficos dos resíduos (Fig.7 A e B) revelaram desvios quanto à normalidade e homocedasticidade. No entanto, após ajustes removendo os *outliers* do conjunto de dados, estes se aproximaram de distribuição paramétrica de modo que as análises de ANOVA foram realizadas (Fig.8 A e B).

Figura 7: Análises dos resíduos da ANOVA (dados completos); A – histograma dos resíduos; B – *Qqnorm* com *qqline* (gráfico de quantis normais).



Fonte: Autor (2022)

Figura 8: Análise dos resíduos da ANOVA com os *outliers* removidos; A – histograma; B – *Qqnorm* com *qqline*.



Fonte: Autor (2022)

## 4.2 MODELOS LINEARES E MODELOS MISTOS

A partir das verificações anteriores, modelos lineares e modelos lineares mistos foram testados quanto a sua significância. Constatou-se uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ) em considerar o fator “progênie” como aleatório. O valor  $p$  foi obtido através do teste de razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*), comparando o modelo que considerava a “progênie” como fator aleatório e outro que não (*i.e* progênie como fator fixo), sendo este significativo ( $p < 0,001$ ). O mesmo não se aplicou ao fator “local”, que foi então considerado um fator fixo. Os fatores “local” e “progênie” não apresentam interação.

## 4.3 VARIAÇÃO DA ÁREA DOS FRUTOS ENTRE LOCAIS E PROGÊNIAS

Gráficos do tipo violino + *boxplot* demonstram grande variabilidade da área dos frutos (Fig. 9 A e B) (assim como para as demais variáveis correlacionadas, embora não apresentadas aqui). O teste de Tukey revelou haver diferença significativa entre as médias dos três locais ( $P < 0,05$ ). Os dados das progênies de Osório apresentaram maior amplitude de variação da área e *outliers* foram detectados. Isto pode ser observado também na figura 9 B, onde há uma diferença maior entre as progênies

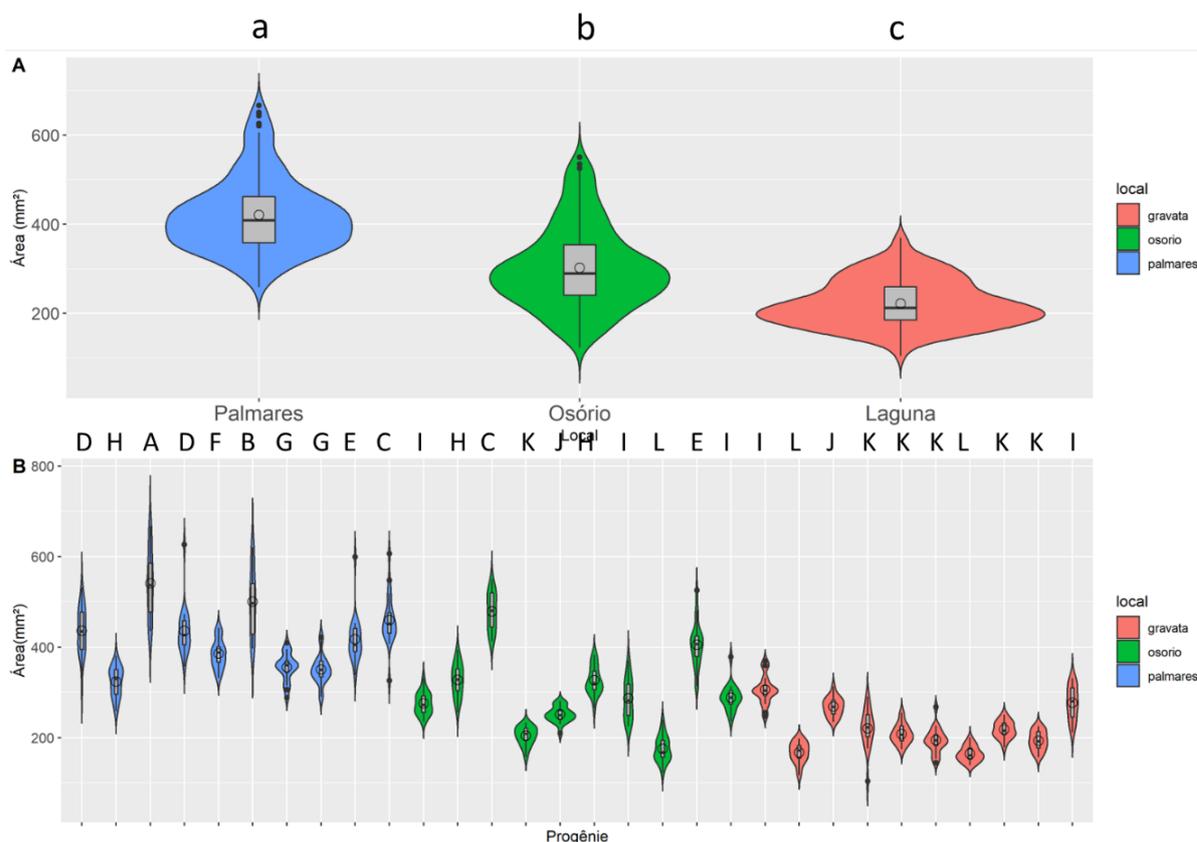
coletadas em Osório quando comparadas aos outros dois municípios. A amplitude dos dados de Gravatá foi a menor, sugerindo maior homogeneidade para a variável área do fruto neste local. Os dados coletados em Palmares apresentaram *outliers* e amplitude semelhante a de Osório para a variável área, sendo seus frutos os maiores.

A figura 9 B revela a variabilidade da variável dentro das progênies e, como mencionado anteriormente, as progênies de Laguna/Gravatá são mais homogêneas entre si quando comparadas as progênies dos outros municípios. O teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) mostrou as semelhanças e diferenças das progênies, que estão representadas no gráfico (Fig. 9 B).

As progênies de Laguna/Gravatá se mostraram mais homogêneas e parecidas entre si (*i.e.* sem diferenças significativas), com alguma sobreposição (em termos de valores numéricos) com as progênies de menores médias de Osório. Uma progênie de Palmares com menor média para área (*pp4*, 323,61 mm<sup>2</sup>) não difere da progênie de maior média de Gravatá (*gp2*, 305,85 mm<sup>2</sup>) e foi a única semelhança entre as progênies destes dois locais.

A progênie que obteve a maior média para a variável área do fruto foi uma do município de Palmares (*pp5*), com 540,49 mm<sup>2</sup> e a menor uma do município de Laguna, com área do fruto igual a 164,27 mm<sup>2</sup>. Esta semelhança entre progênies e entre locais (e entre duas espécies), evidenciada pelo teste Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) também foi observada através análises de componentes principais (Fig. 11 e Fig. 12).

Figura 9: Gráficos do tipo violino + *boxplot* da variável área. Azul = Palmares, verde = Osório e rosa = Gravatá. A – “local” como fator independente; B – “progênie” como fator independente. Letras diferentes representam diferenças significativas entre os locais e as progênie. Na figura A, as comparações foram realizadas por teste de Tukey. Nos dados representados na figura B, o teste de Scott-Knott foi aplicado.

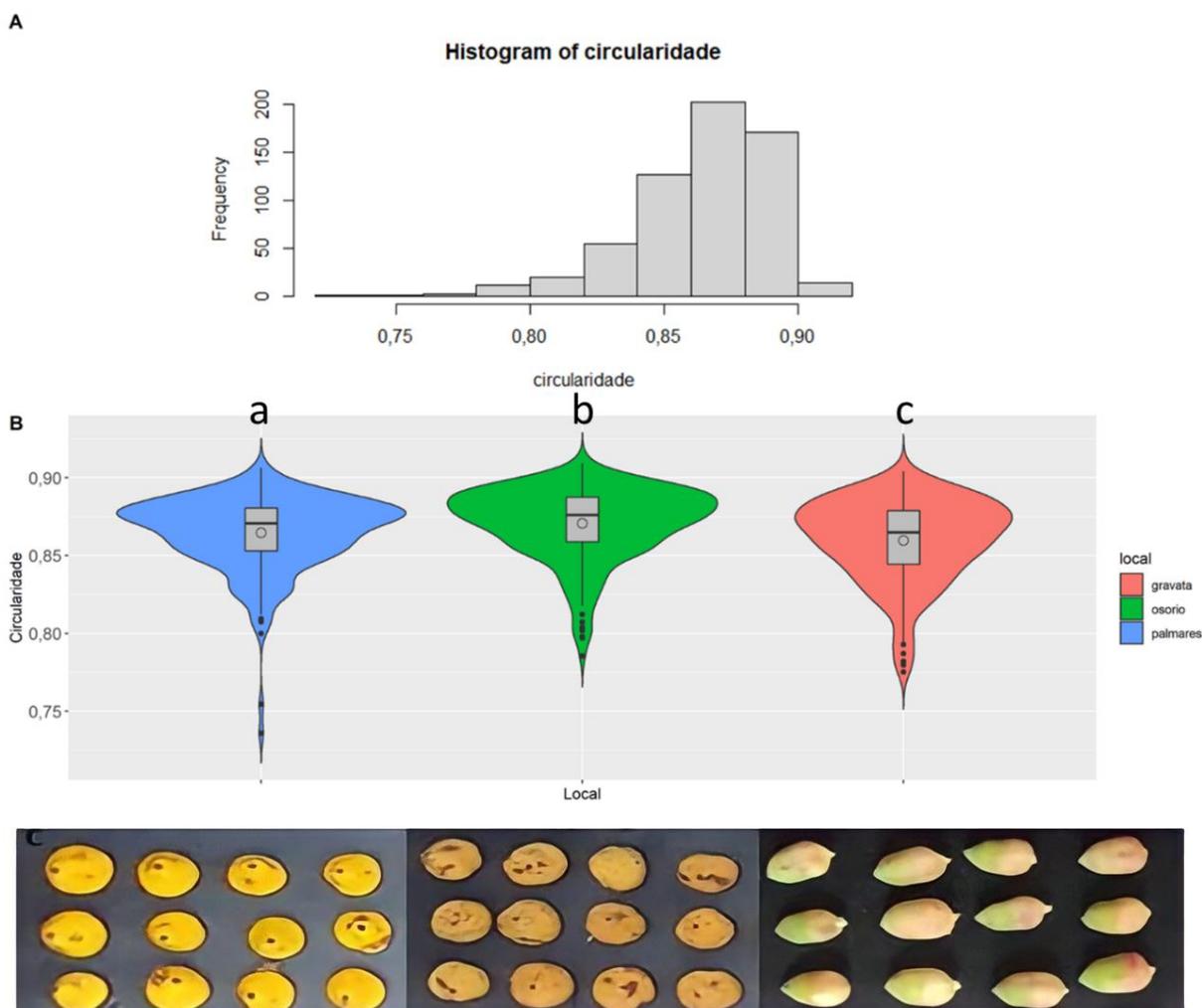


Fonte: Autor (2022)

#### 4.4 ANÁLISE DA VARIÁVEL CIRCULARIDADE

A variável circularidade não apresentou uma correlação positiva com as outras (Fig. 6). Esta variável também foi testada quanto a sua normalidade e homocedasticidade (Shapiro – Wilk e Bartlett,  $P < 0,05$ ) não apresentando enquadramento (Fig. 10 A). O gráfico de violino+*boxplot* (Fig. 10 B) desta variável tem a maioria dos dados agrupados entre 0,8 e 0,9 e muitos *outliers*. Os frutos mais circulares são de Osório (média = 0,8704) e os menos circulares de Gravatá (0,8647). Apesar da falta de adequação, procedeu-se com testes paramétricos e o teste de Tukey detectou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os três municípios (Fig. 10 B). Testes não paramétricos detectaram o mesmo padrão.

Figura 10: Histograma e gráfico de violino+*boxplot* da variável circularidade. A – histograma. B – gráfico do tipo violino+*boxplot* com teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Gravatá – vermelho; Palmares – azul; Osório – verde. C – Frutos de indivíduos de cada local.



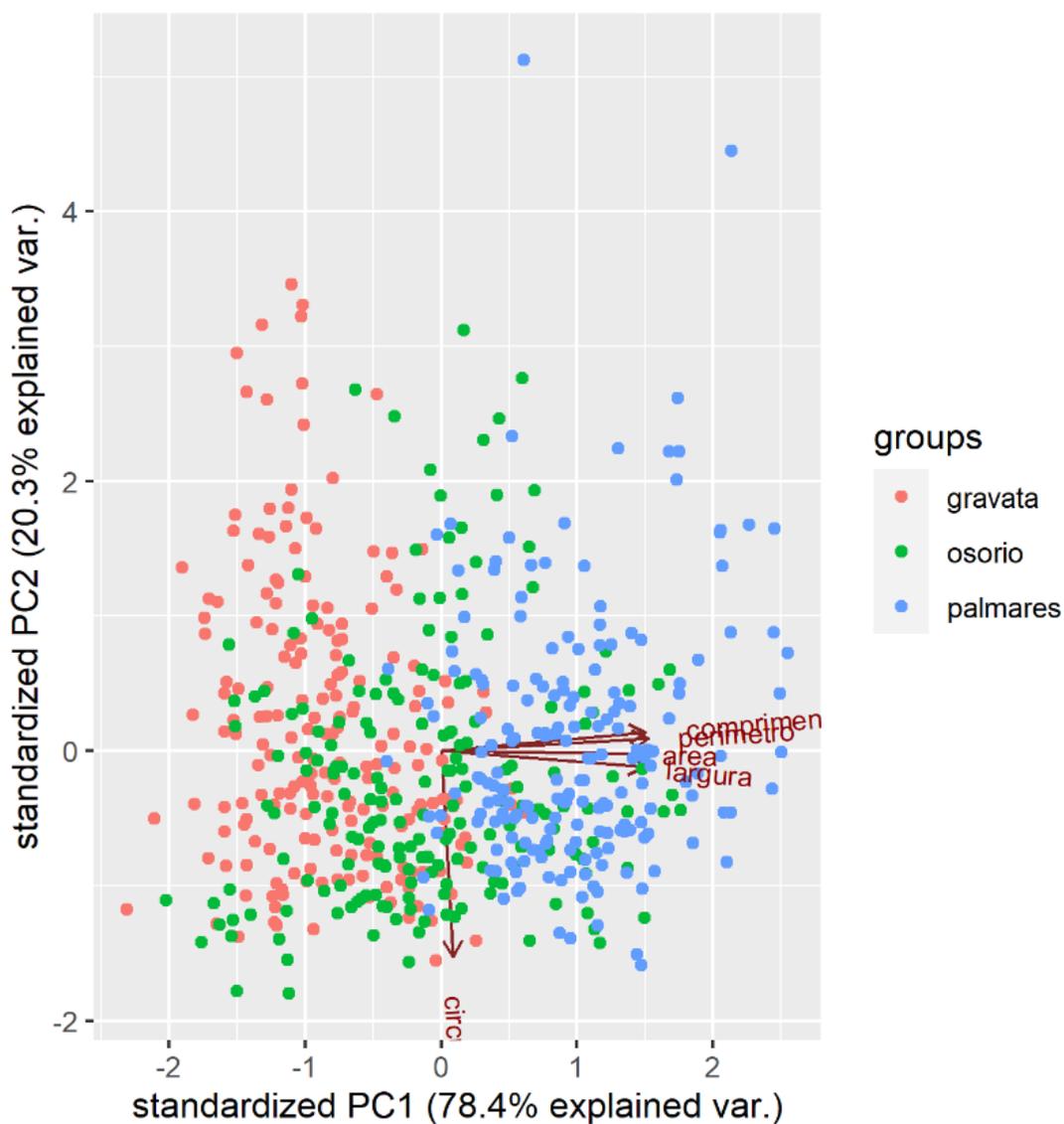
Fonte: Autor (2022)

#### 4.5 ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (Fig. 11), usando cinco características dos frutos (área, perímetro, comprimento, largura e circularidade) revelou que dois componentes principais são responsáveis por explicar 98,7% da variabilidade das características; uma distinção parcial dos dados relacionados a Palmares em comparação com Osório e Laguna/Gravatá ficou perceptiva, enquanto que houve uma sobreposição maior dos dados destes outros dois municípios. Outra análise de componentes principais (Fig. 12), considerando apenas os municípios de Laguna e

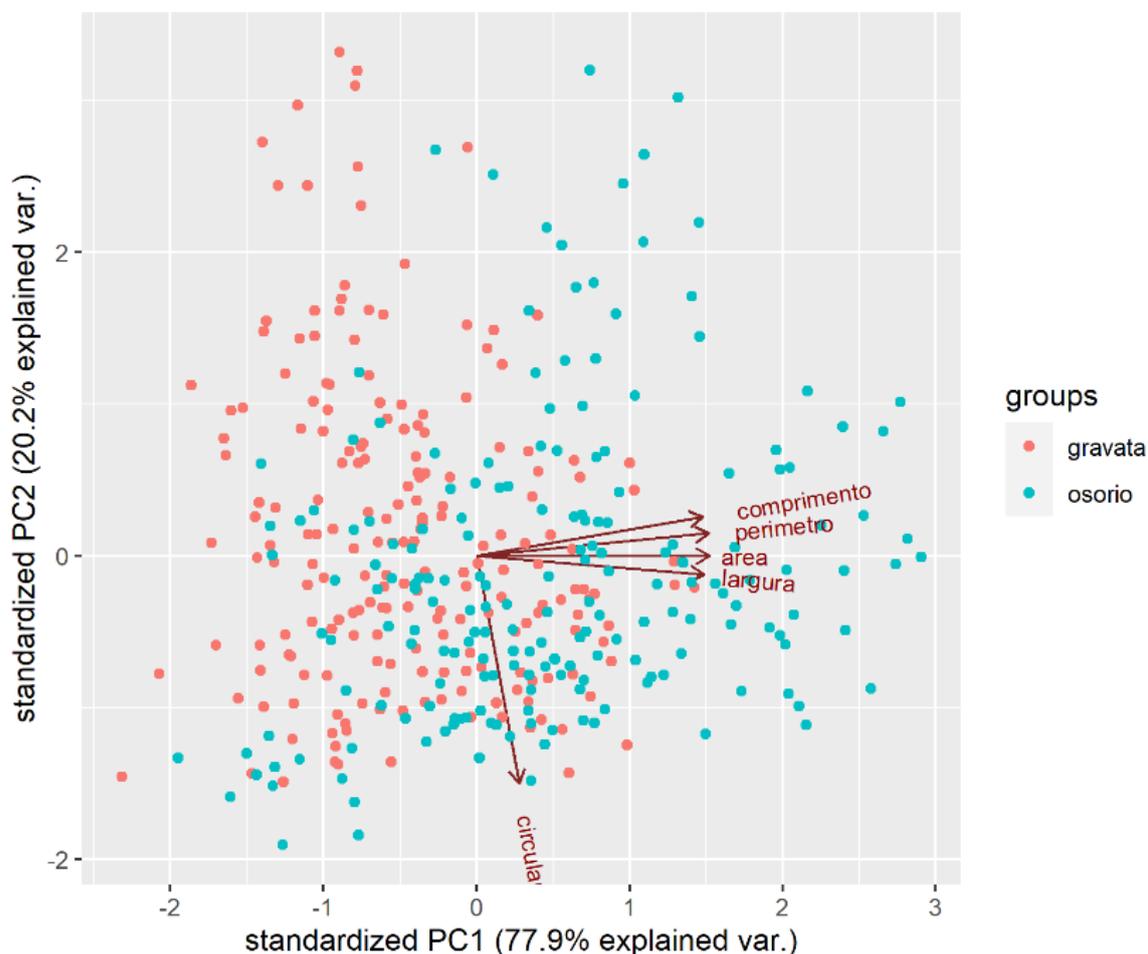
Osório (mesma espécie, *B. catarinensis*) e as mesmas cinco características, tiveram duas componentes principais explicando 98,1% da variabilidade dos dados e uma distinção levemente perceptiva entre os dados dos dois locais.

Figura 11: Análise de componentes principais com os três locais (Palmares - azul, Osório - verde e Laguna - rosa) e cinco características.



Fonte: Autor (2022)

Figura 12: Análise de componentes principais com dois locais (Osório e Laguna) que possuíam a mesma espécie (*B. catarinensis*), com cinco características.



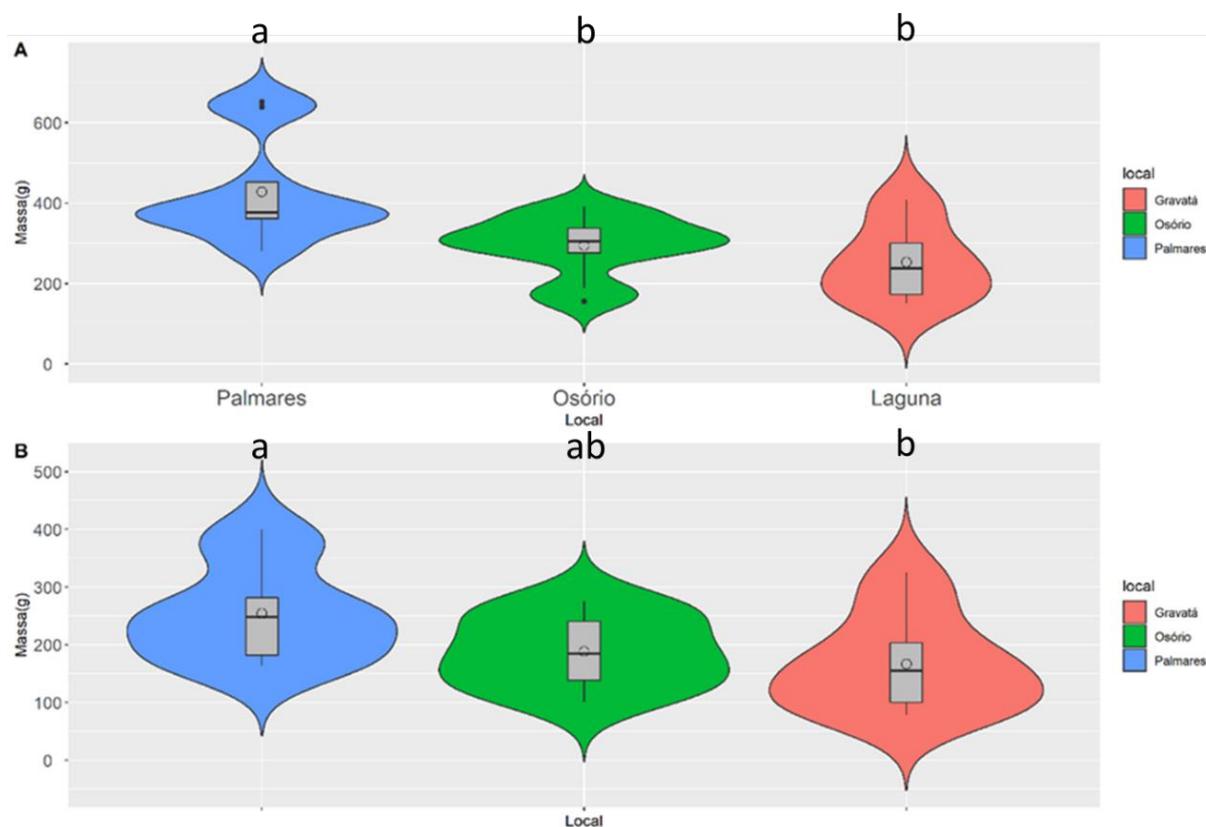
Fonte: Autor (2022)

#### 4.6 ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE

Os dados das variáveis relacionadas à produtividade, massa (massa total de 100 frutos) e polpa (massa da polpa de 100 frutos), apresentaram uma distribuição muito semelhante ao esperado de uma distribuição Gaussiana. A variável massa de 100 frutos se enquadrou no teste Bartlett ( $P < 0,05$ ), mas não se enquadrou no Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) enquanto a massa da polpa de 100 frutos se enquadrou em ambos os testes. O teste de Tukey foi realizado para constatar diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as médias dos locais e é apresentado na figura 13, tanto para a variável massa de 100 frutos quanto para a massa da polpa de 100 frutos. Quanto à massa de 100 frutos, as amostras de Palmares são diferentes tanto das amostras de Osório quanto das amostras de Gravatá e estas duas não diferem (13

A). Quanto à massa da polpa de 100 frutos, as amostras de Palmares diferem das amostras de Gravatá, mas não diferem das amostras de Osório (13 B).

Figura 13: Representações das variáveis com o gráfico *violin+boxplot*. A – violino+*boxplot* da massa de 100 frutos, com a representação do teste de Tukey. B – violino+*boxplot* da massa da polpa de 100 frutos e representação do teste de Tukey. Letras diferentes representam diferenças significativas entre os locais. Azul – Palmares, verde – Osório e vermelho – Laguna.

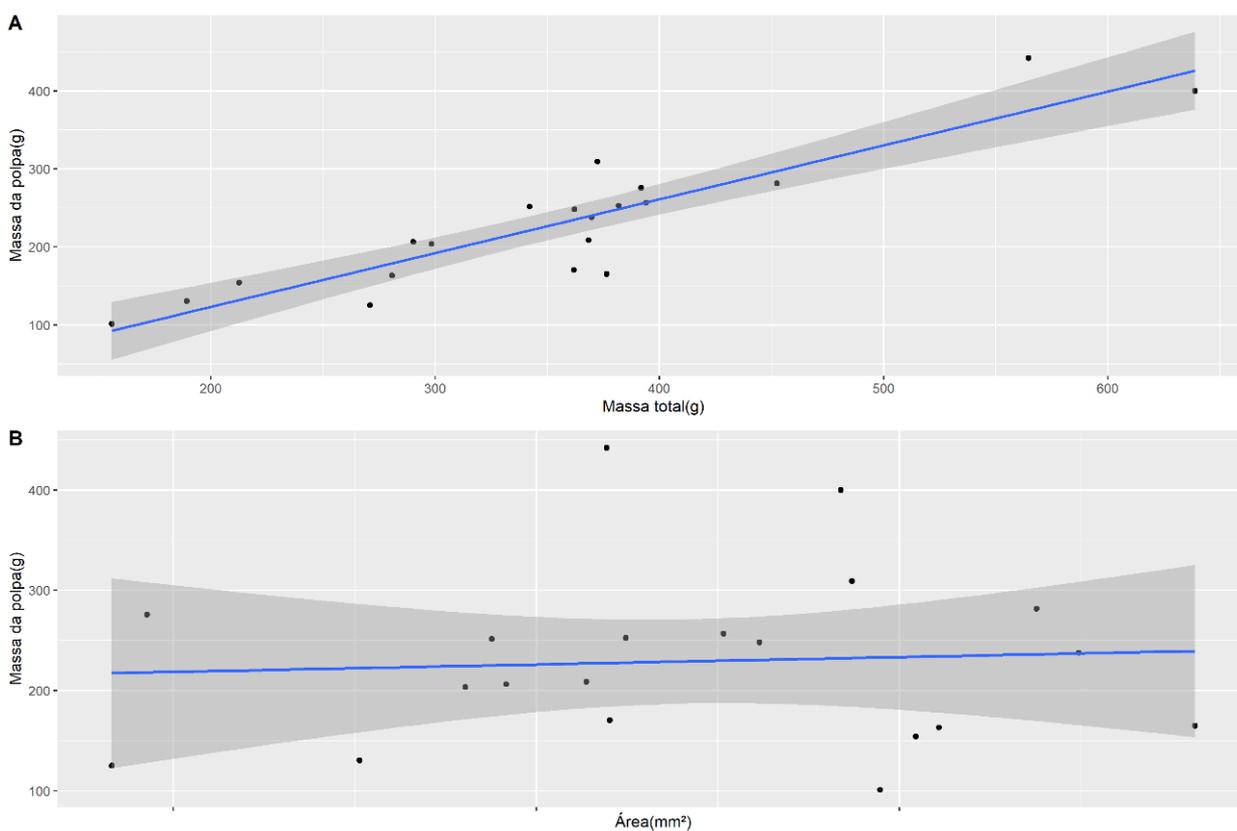


Fonte: Autor (2022)

Os modelos de regressão testados comparando-se as variáveis que informam as dimensões do fruto (área, perímetro, largura, comprimento) com as de produtividade (massa de 100 frutos e massa da polpa de 100 frutos), em pares, apresentaram um coeficiente angular não significativo ( $P > 0,05$ ), não existindo regressão de uma variável em relação à outra. O modelo de regressão que foi significativo ( $P < 0,05$ ) foi aquele utilizando a massa da polpa de 100 frutos em função da massa total de 100 frutos. A representação gráfica de ambos pode ser vista na figura 14 A e B.

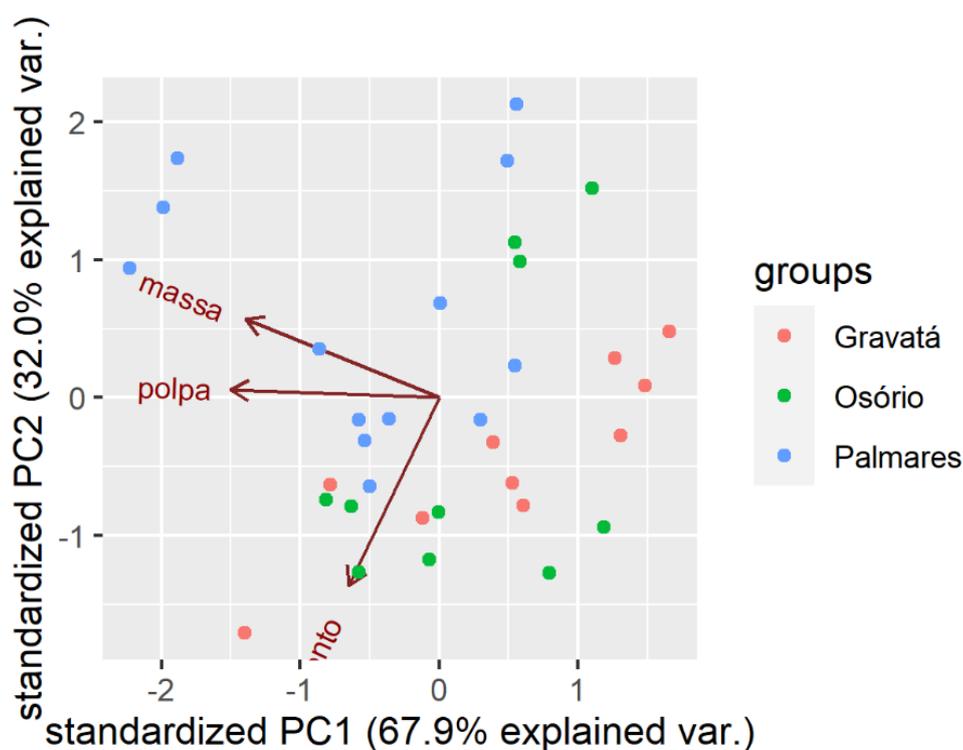
A análise de componentes principais utilizando três variáveis relacionadas à produtividade (massa de 100 frutos (g), massa da polpa de 100 frutos (g) e rendimento (%)) foi elaborada e nela a componente principal 1 explica 67,9% da variabilidade dos dados enquanto que a componente principal 2 explica outros 32% da variabilidade (Fig.15). Nessa figura os dados amostrais encontram-se menos sobrepostos quando comparados à análises multivariadas efetuadas anteriormente (Figs. 11 e 12). Mesmo assim não há uma distinção clara entre os locais quando as variáveis de produtividade são analisadas.

Figura 14: Retas de regressão linear. A – Reta de regressão ajustada aos dados da massa da polpa de 100 frutos em função da massa de 100 frutos. B – Reta de regressão ajustada aos dados da massa da polpa de 100 frutos em função da área do fruto (área projetada pela imagem, em mm<sup>2</sup>).



Fonte: Autor (2022).

Figura 15: Análise de componentes principais realizada utilizando as variáveis relacionadas à produtividade (massa, polpa e rendimento).

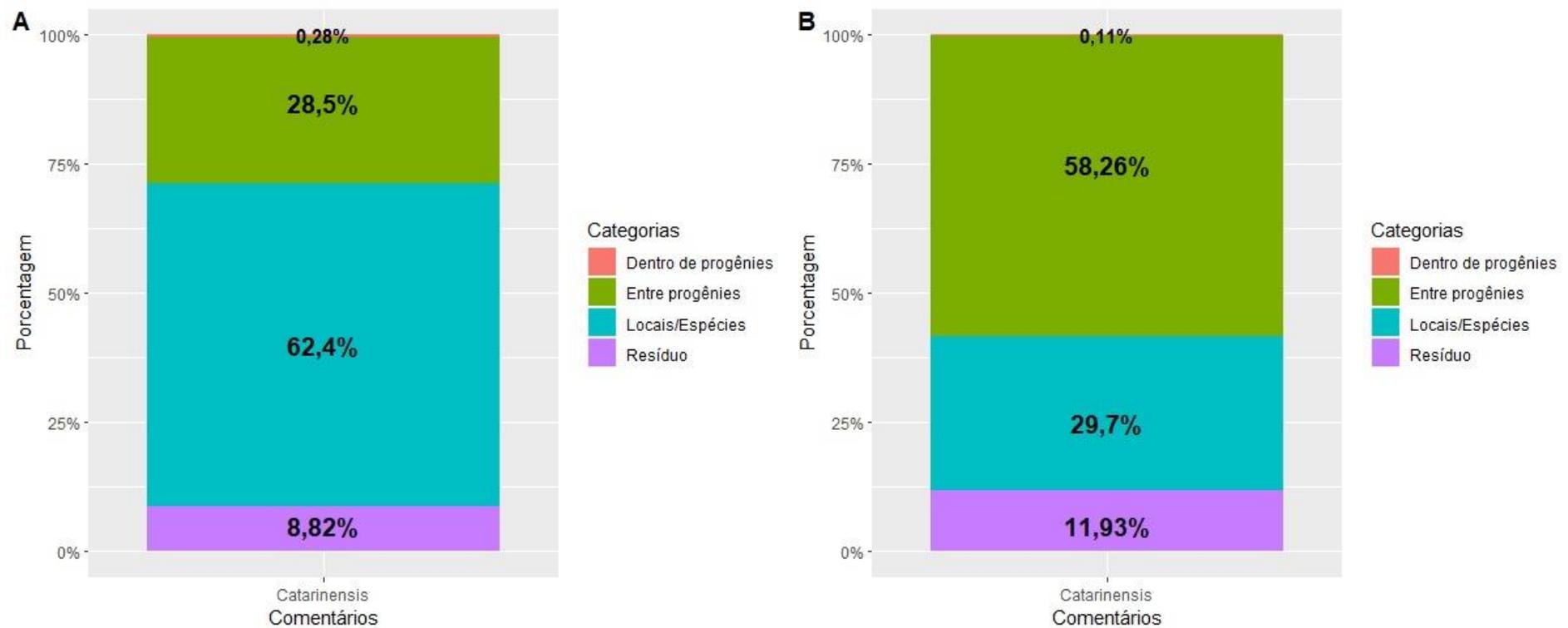


Fonte: Autor (2022)

#### 4.7 COMPONENTES DE VARIAÇÃO FENOTÍPICA

A variância devida aos locais e/ou espécies, a variância genotípica entre progênies e a variância genotípica dentro de progênies foram expressas de forma relativa (em porcentagem) e são as que se seguem: 62,4%, 28,5% e 0,28%, respectivamente; os 8,82% restantes são atribuídos ao resíduo (Fig. 16 A). Outra análise com os municípios que possuíam a mesma espécie (Osório e Laguna, *B. catarinensis*), conduziu aos seguintes resultados: 29,7% para variância devida aos locais/espécies, 58,26% para variância genotípica entre progênies, 0,11% para variância genotípica dentro de progênies e 11,93% de resíduo (Fig. 16 B). Esta análise apenas com as espécies iguais dá indícios de haver uma forte influência genotípica nos caracteres biométricos dos frutos.

Figura 16: Decomposição dos componentes de variância para modelo misto considerando efeitos de progênes e locais/espécies para a variável biométrica área projetada de frutos (mm<sup>2</sup>). A – Modelo feito utilizando os três locais: Palmares, Osório e Gravatá. B – Modelo feito utilizando os locais que possuíam a mesma espécie (Osório e Gravatá, *B. catarinensis*). Os componentes de variância estão expressos em porcentagem, sendo que o componente da variação entre progênes é um indicativo de variabilidade genética.



Fonte: Autor (2022)

## 5 DISCUSSÃO

Os frutos com os maiores valores médios das variáveis biométricas foram encontrados nas progênies da espécie *B. odorata*, coletados em propriedade rural no município de Palmares do Sul, RS. Contrariamente, as médias mais baixas foram encontradas nas progênies coletadas em Gravatá, município de Laguna, SC. Esse fato corrobora as informações obtidas na literatura científica que menciona existir diferenças no tamanho e formato dos frutos das duas espécies analisadas (LORENZI et al., 2010). A variabilidade das variáveis foi alta, principalmente nas progênies de Osório e Palmares do Sul. Constatou-se uma homogeneidade maior nas progênies de Gravatá/Laguna.

O teste de Tukey conseguiu detectar diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os três locais. Hoffmann et al. (2016), que traçaram um perfil metabólico entre diferentes espécies do gênero, também conseguiram discriminar de maneira significativa as espécies e os locais de cada espécie através deste perfil. No que se refere às progênies o teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) mostrou algumas semelhanças entre progênies de locais diferentes. As progênies de Osório apresentaram valores numéricos para as variáveis biométricas estatisticamente iguais tanto com as progênies de Gravatá (aquelas que possuíam valores médios menores) quanto com as progênies de Palmares (aquelas com valores médios maiores). Essa variação dos dados também foi perceptível após a realização das análises de componentes principais (Figs. 11 e 12). Nestas análises os dados não se localizam de maneira homogênea entre os quadrantes do gráfico. Ao invés disso há uma elevada sobreposição entre os dados de Osório e Gravatá e uma distinção parcial dos dados de Palmares.

No campo foram encontrados indivíduos com características atribuídas a espécie *B. odorata* em locais onde não há registro desta espécie (Osório e Laguna/Gravatá) (Fig. 17). Apesar desta observação não ser conclusiva, ela é um indicativo de que pode haver hibridação entre estas duas espécies (*B. odorata* e *B. catarinensis*). Para corroborar ou refutar tal hipótese, no entanto, necessita-se uma caracterização molecular destes materiais genéticos, meta que está sendo paulatinamente planejada pelo grupo de pesquisa do qual este trabalho faz parte. Marcadores microssatélites e SNP (*Single nucleotide polymorphism*) deverão pautar essas análises brevemente

Figura 17: Indivíduos de *B. catarinensis* com características de *B. odorata*; A – indivíduo localizado na praia do Gravatá; B – indivíduo localizado em Osório; nestas áreas não há registro de ocorrência da espécie *B. odorata*.



Fonte: Autor (2022)

Há uma correlação positiva e elevada entre as variáveis analisadas (área do fruto projetada pela imagem, comprimento longitudinal, comprimento transversal e perímetro), com exceção da circularidade (Fig. 6). Apesar de as médias da variável circularidade serem próximas, o teste de Tukey conseguiu detectar diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os locais. Optou-se por manter os testes paramétricos para caracterizar as diferenças entre progênies e locais, considerando que tanto os paramétricos quanto não paramétricos testados (Kruskal-Wallis) conseguiram distinguir de forma semelhante os tratamentos e seus níveis.

Os acessos de Gravatá, que apresentaram o menor valor médio neste quesito, foram os frutos que possuíam um formato mais alongado e incorreram em problemas para as análises de suas fotos, pois os frutos ficaram em orientações diferentes daqueles de Osório e Palmares. Essa diversidade da forma dos frutos já é documentada na literatura (LORENZI et al., 2010; SOARES et al., 2014, HOFFMANN et al., 2014).

Outro fato observado no campo foi a presença de apenas um indivíduo de *B. odorata* que possuía seus frutos com a coloração avermelhada. Em Osório também um indivíduo possuía esta característica e em Gravatá dois indivíduos de *B.*

*catarinensis* a possuíam. Este aspecto (*i.e.* coloração dos frutos) não foi considerado nas análises, mas sua menção é relevante para este projeto. A variedade de colorações dos frutos de *Butia* também já é conhecida (HOFFMANN et al., 2014), mas é interessante perceber a raridade com a qual este caracter se apresenta nas populações naturais de *Butia* no litoral gaúcho e em uma população do litoral de Santa Catarina. Pode ser uma característica controlada geneticamente, e mantida em baixa frequência nas populações. De alguma forma, esta característica pode desempenhar papel importante na evolução da espécie, o que deve ser investigado. Outra observação a ser mencionada são as ameaças que as populações destas espécies estão sofrendo. Em Palmares do Sul, a presença de gado impede a regeneração da população de *B. odorata* analisada. Em Osório restam apenas poucos indivíduos de uma população de *B. catarinensis*, pois a propriedade onde eles estão fora uma jazida de areia e agora é ocupada por um lago artificial. Já na Praia do Gravatá, as populações de *B. catarinensis*, bem como toda a biodiversidade associada, sofrem ameaças de projetos locais que intencionam lotear a área.

Os modelos de regressão linear correlacionando as variáveis associadas às dimensões dos frutos com aquelas relacionadas à produtividade, em pares, não foram significativos ( $P > 0,05$ ). Fatores como o volume do fruto e as diferentes grandezas com as quais as características foram medidas (milímetros e gramas, principalmente) podem explicar este fato. O modelo de regressão linear significativo ( $P < 0,05$ ) foi aquele utilizando as variáveis massa de 100 frutos e massa da polpa de 100 frutos (Fig.14 A). Gráficos do tipo violino+*boxplot* utilizando a massa de 100 frutos e a massa da polpa de 100 frutos também foram realizados e corroboram ainda mais a variabilidade dos frutos nos diferentes locais e através do teste de Tukey foi possível detectar diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os locais para estas variáveis.

Os componentes de variâncias foram obtidos ao se decompor o teste ANOVA e estão expressos de forma relativa (em porcentagens) (Fig.16 A e B). A variância dentro das progênes é muito pequena, não atingindo nem 1% em ambos os modelos. Isto nos informa, de maneira preliminar, que os frutos de um mesmo indivíduo terão características similares. A variância devido ao local/espécie refere – se às variabilidades que ocorrem nas características devido às influências ambientais; ela é alta no primeiro modelo (62,4%), pois aqui espécies diferentes foram mensuradas (*B. odorata* e *B. catarinensis*). Devido às duas espécies serem analisadas conjuntamente no modelo, escolheu-se nomear esta variância como devido ao local/espécie.

A última variância do modelo, a variância entre progênies, é a que mede de maneira indireta a variabilidade genética da característica analisada (neste caso a área) e sugere uma grande diversidade genética na mesma. No modelo com as três espécies ela é relativamente alta (28,5%) e no modelo levando em consideração apenas uma espécie (*B. catarinensis*), este componente chega a explicar 58,26% da variância, evidenciando haver uma alta variabilidade genética para a característica área do fruto (área projetada pelo fruto na imagem) na espécie *B. catarinensis* (Fig. 16 B). Esta variância entre progênies também existe para a espécie *B. odorata*, mas ela ficou mais representativa quando analisamos o modelo apenas com as espécies iguais.

Os dados apresentados neste estudo constituem uma análise biométrica de profundidade não encontrada na literatura prévia. A utilização do programa computacional *Smartgrain* permitiu explorar detalhes das dimensões dos frutos, que são justamente o principal produto utilizado por comunidades locais. Primordialmente, os frutos também são fonte de alimento para diversos organismos da fauna local. Ao detectar variação genética a partir de caracteres fenotípicos relacionados às dimensões e produtividade, portanto, fornecem-se subsídios importantes para empreender novos estudos e práticas direcionadas à conservação destas espécies ameaçadas de extinção.

## 6 CONCLUSÃO

Confirmou-se a hipótese de haver grande variabilidade para as variáveis biométricas dos frutos, sendo que foi possível constatar diferenças significativas entre os locais e as progênies. As diferenças entre progênies, após a decomposição de componentes de variância da variável área, permitiram identificar variação genética entre progênies e entre locais/espécies. A proporção da variância genética em relação ao total aumentou quando foram considerados apenas as progênies dos locais com predominância de *B. catarinensis*, considerando as delimitações taxonômicas correntes.

O formato dos frutos de Gravatá/Laguna-SC, mais alongado do que nos demais locais, não impediu a execução da metodologia escolhida, embora tenham sido necessárias adaptações metodológicas. Caso a mesma metodologia seja aplicada em estudos futuros, sugere-se que os frutos sejam escaneados, ao invés de fotografados, e em mais de uma orientação (maneira como são dispostos sobre a superfície plana).

Modelos de regressão linear comparando os diferentes dados (dimensão x produtividade, em pares) não apresentaram significância, de modo que outros modelos devem ser testados. A correlação e regressão linear somente foi possível entre as variáveis massa de 100 frutos e massa da polpa destes mesmos 100 frutos. Com o componente de variância entre progênies, ou seja, da variação genética sendo elevado, principalmente no modelo com as mesmas espécies, infere-se que há também uma grande diversidade genética para os caracteres avaliados.

Constatou-se que as populações que foram avaliadas estão sofrendo pressões antrópicas quanto ao manejo com o gado (Palmares do Sul) e quanto à especulação imobiliária (Laguna/Gravatá). As informações obtidas neste estudo corroboram a diversidade do gênero *Butia* citadas por outros autores e se sugere que mais estudos referentes à genética de conservação e pré-melhoramento de butiazeiros sejam feitos, principalmente nas populações encontradas no Litoral do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, as quais carecem de literatura e planos de conservação eficientes.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAVOREK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BARBIERI, R. L.; ROSSATO, M. Estudo etnobotânico de palmeiras do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 997-1000, mai 2007.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S.; Fitting Linear Mixed-Effects Models Using (*lme4*). **Journal of Statistical Software**. v. 67. n. 1. p.1-48, 2015.
- BUTTOW, M. V.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G. Conhecimento tradicional associado ao uso de butiás (*Butia* spp., Arecaceae) no sul do Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 4, p. 1069-1075, dez 2009.
- BUTTOW, M. V.; CASTRO, C. M.; SCHWARTZ, E.; TONIETTO, A.; BARBIERI, R. L. Caracterização molecular de populações de *Butia capitata* (Arecaceae) do sul do Brasil através de marcadores AFLP. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal-SP, v. 32, n. 1, p. 230-239, mar 2010.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente. **Coordenação de avaliação do estado de conservação da biodiversidade**. Brasília, DF. jul 2013.
- CORRÊA, L. B.; BARBIERI, R. L.; ROSSATO, M.; BÜTTOW, M. V.; HEIDEN, G. Caracterização citológica de palmeiras do gênero *Butia* (Arecaceae). **ver. Bras. Frut.**, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 4, p. 1111-1116, dez 2009.
- DRANSFIELD, J. *et al.* **Genera Palmarum: The evolution and classification of palms**. Londres, Kew Publishing Royal Botanical Garden, 2008.
- GAIERO, P.; MAZZELLA, C.; AGOSTINI, G.; BERTOLAZZI, S.; ROSSATO, M. Genetic diversity among endangered Uruguayan populations of *Butia* Becc. species based on ISSR. **Plant.Syst.Evol.** v. 292. p. 105-116, dez 2010.
- HEIDEN, G.; ELLERT-PEREIRA, P. E.; ESLABÃO, M. P. *Butia* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15703>>. Acesso: 05 out 2021.
- HOFFMAN, J. F.; BARBIERI, R. L.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F.C. *Butia* spp. (Arecaceae): an overview. **Scientia Horticulturae**, v. 179, p. 122-131, set 2014.
- HOFFMANN, J. F.; CARVALHO, I. R.; BARBIERI, R. L.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. *Butia* spp. (Arecaceae) LC-MS-Based metabolomics for species and geographical origin discrimination. **J. Agric. Food Chem.** v. 65. p. 523 – 532, dez 2016.

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. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15703>>. Acesso: 05 out 2021.

LOPEZ-MAZZ, J.; BRACCO, R. Relaciones hombre-medio ambiente en las poblaciones prehistoricas del Uruguay. **Annals of the 46th Congreso Internacional de Americanistas**. Amsterdam, 1992.

LORENZI, H.; NOBLICK L. R.; KAHN, F. e FERREIRA, E. **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2010.

MARCHI, M. M.; BARBIERI, R. L.; SALLÉS, J. M.; COSTA F. A. Flora herbácea e subarbustiva associada a um ecossistema de butiazal no bioma pampa. **Rodriguésia**, v. 69 (2), p. 553-560, abr/jun 2018.

MARTEL, C.; NOBLICK, L.; STAUFFER, F. W.; An anatomical character to support the cohesive unit of *Butia* species. **Palms** v. 57. p. 30-35. jan 2013.

MEEROW, A. W.; NOBLICK, L.; SALAS-LEIVA, D. E.; SANCHEZ, V.; FRANCISCO-ORTEGA, J.; JESTROW, B.; NAKAMURA, K.; Phylogeny and historical biogeography of the Cocosoid Palms (Arecaceae, Arecoideae, Cocoseae) inferred from sequences of six WRKY gene family loci. **Cladistics**. v. 31. p. 509-534. out 2015.

MISTURA, Claudete Clarice. **Caracterização de recursos genéticos de *Butia odorata* no bioma pampa**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pelotas, RS. 2013.

MISTURA, C. C.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; PADULOSI, S.; e ALERCIA, A. Descriptors for Butiá [*Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick]. **Bioversity International, Rome, Italy and Brazilian Agriculture Research Corporation, Embrapa Temperate Agriculture**, Pelotas, RS, Brazil. 2015.

NAZARENO, A. G.; ZUCCHI, M. I.; REIS, M. S. Microsatellite markers for *Butia eriospatha* (Arecaceae), a vulnerable palm species from the atlantic rainforest of Brazil. **American Journal of Botany**. v. e198 – e200, jun 2011.

NOBLICK, L. *Butia*: what we think we know about the genus. **The Palm Journal**. n. 208. p. 5-23. 2014.

PORTELINHA, M. K.; BARBIERI R. L.; GODINHO, P. S.; ALMEIDA, C. Os butiazeiros e a Rota dos Butiazais, Sementes de Cuidado e Conexão. **Vitalle-Revista de Ciências e Saúde** v.32, n.1, 135-145. 2020.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2022. Disponível em:< <https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 23 out 2021

RIO GRANDE DO SUL. Portaria SEMA nº 46 de 10/07/2014. Dispõe sobre as normas para regularização da colheita de folhas (frondes) e frutos do *Butia catarinensis* (butiá-da-praia). **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 14 jul 2014b.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 52.109, de 1º de dezembro de 2014. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 02 dez 2014a.

RIVAS, M.; MARTIN, J.; LUCIA, G.; BARBIERI, R. L. Diversidad vegetal del campo natural de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Nobschek en Uruguay. **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v. 18, n. 2, p. 14-27, jul/dez 2014.

SCHUETZENMEISTER, A.; DUFEY, F. VCA: Variance Component Analysis. R package version 1.4.3. 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=VCA>>. Acesso: 10 abr 2022.

SCHWARTZ, E.; FACHINELO, J. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. B. Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal-SP, v. 32, n. 3, p. 736-745, set 2010.

SOARES, Kelen Pureza. **O Gênero *Butia* (Becc.) Becc. (Arecaceae) no Rio Grande do Sul com Ênfase nos Aspectos Ecológicos e Silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) Becc. e *Butia witeckii* K. Soares e S. Longhi.** 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SOARES, K. P.; LONGHI, S. J.; NETO, L. W.; ASSIS, L. C. Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia** v. 65. p. 113-139, mar 2014.

TANABATA, T.; SHIBAYA, T.; HORI, K.; EBANA, K. e YANO, M. Smartgrain: High-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. **Plant Physiology**. vol. 160, n. 4. p.1871-1880, out 2012.

VU, V. Q.; ggbiplot: A ggplot2 based biplot. R package version 0.55. 2011. Disponível em: <<http://github.com/vqv/ggbiplot>>. Acesso em: 10 abr 2022.

WCSP. 2021. *World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens*. Kew. Disponível em: <<https://wcsp.science.kew.org/qsearch.do>>. Acesso em: 04 out 2021.

WEI, T.; SIMKO, V.; R package “*corrplot*”: Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92). 2021. Disponível em: <<https://github.com/taiyun/corrplot>>. Acesso: 10 abr 2022.

WEATHER SPARK. The Weather Year Round Anywhere on Earth. **Cedar Lake Ventures, Inc.** Estados Unidos da América, 2022. Disponível em <<https://weatherspark.com/>>. Acesso em: 16 abr 2022.

WINTER, B. Linear models and linear mixed effects models in R with linguistic applications. 2013. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/1308.5499.pdf>>. Acesso: 10 abr 2022.

ZAMBRANA, N. Y. P.; BYG, A.; SVENNING, J. C.; MORAES, M.; GRANDEZ, C.; BALSLEV, H. Diversity of palm uses in the western Amazon. **Biodivers. Conserv.** v. 16. n. 10. p. 2771-2787, jul 2007.

**APÊNDICE A – SCRIPT DO PROGRAMA COMPUTACIONAL R COM A  
MANEIRA COM A QUAL AS ANÁLISES ESTATÍSTICAS E FIGURAS FORAM  
ELABORADAS**

```

options(OutDec=",")
dados = read.table(file="biometria20.txt", sep=" ", header=TRUE, dec = ",")
dados
attach(dados)
names(dados)

#LOCAIS
#Criação de Gráfico Violino para ÁREA

library(ggplot2)
locais=ordered(local, levels=c("Palmares", "Osório", "Gravatá"))
ggplot(dados, aes(x=locais, y=polpa, fill = local)) +
  geom_violin(trim=FALSE)+
  geom_boxplot(width=0.1, fill = "grey") +
  labs(x = "Local", y = "Massa (g)", size = 5)+
  scale_x_discrete(labels=c("Palmares", "Osório", "Laguna"))+
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 0,
                                    size = 15,
                                    hjust = 0.5))+
  theme(axis.text.y = element_text(angle = 0,
                                    size = 12,
                                    hjust = 0.5))+
  stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=1, size=3, color="black",
              fill="red")

annotate("text", x = 1, y = 780,
label = "a", color="black",
size=7 , angle=0, fontface="bold")+
annotate("text", x = 2, y = 780,
label = "b", color="black",
size=7 , angle=0, fontface="bold")+
annotate("text", x = 3, y = 780,
label = "c", color="black",
size=7 , angle=0, fontface="bold")

```

```
#PROGÊNIES
```

```
names(dados)
```

```
progenies=ordered(progenie, levels=c("op1", "op2","op3", "op4", "op5,
                                     op7", "op10", "op11", "op13", "op15",
                                     "pp3","pp4","pp5", "pp6", "pp7",
                                     "pp8", "pp9", "pp11","pp12", "pp13",
                                     "gp2", "gp4", "gp6", "gp7", "gp10",
                                     "gp11", "gp12", "gp13", "gp20",
                                     "gp22"))
```

```
ggplot(dados, aes(x=progenie, y=area, fill = local)) +
```

```
  geom_violin(trim=FALSE)+
```

```
  geom_boxplot(width=0.1, fill = "grey") +
```

```
  labs(x = "Progênie", y = "Área(mm2)", size = 5)+
```

```
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45,
```

```
    size = 12,
```

```
    hjust = 0.5))+
```

```
  theme(axis.text.y = element_text(angle = 0,
```

```
    size = 10,
```

```
    hjust = 0.5))+
```

```
  stat_summary(fun.y=mean, geom="point", shape=1, size=3, color="black",
fill="red")
```

```
#annotate("text", x = 1, y = 33,
```

```
#label = "a", color="black",
```

```
#size=7 , angle=0, fontface="bold")+
```

```
#annotate("text", x = 2, y = 26,
```

```
#label = "b", color="black",
```

```
#size=7 , angle=0, fontface="bold")+
```

```
#annotate("text", x = 3, y = 30,
```

```
#label = "a", color="black",
```

```
#size=7 , angle=0, fontface="bold")
```

```
#Análises Estatísticas
```

```
require(ExpDes.pt)
```

```
#fat2.dic(local, progenie, area, quali= c(TRUE, TRUE), mcomp = "tukey", sigF
= 0.05)
```

```
dic(local, area, quali=TRUE, mcomp = "tukey", hvar="bartlett", sigF=0.05)
```

```
anova = aov(area ~ local + progenie + local*progenie)
```

```
summary(anova)
```

```

require("laercio")
LTukey(anova, "local")
LScottKnott(anova, "local")

#Analise de Normalidades

shapiro.test(polpa)
qqnorm(dados$polpa, pch = 1, frame = FALSE)
qqline(dados$polpa, col = "steelblue", lwd = 2)
hist(massa)
bartlett.test(polpa~local)
require(MASS)
boxcox(area~arvore)
locator()
largurat = ((largura ^ 0.9573407)-1)/0.9573407
shapiro.test(largurat)
bartlett.test(comprimentot~arvore)

#CORRELAÇÕES

tabela = read.table(file = "correlacao.txt", sep=" ", header=TRUE)
attach(tabela)
names(tabela)
library(corrplot)
citation("corrplot")
par(mar = c(4,4,4,4))
cor(tabela, method = c("pearson", "kendall", "spearman"))

correlacao = cor(tabela, method = c("pearson"))
par(mar = c(4,4,4,4))
corrplot(correlacao, type = "lower", order = "hclust",
          tl.col = "black", tl.srt = 45)
require(PerformanceAnalytics)
chart.Correlation(tabela, histogram=TRUE, pch=19)

#ANÁLISE DE SIGNIFICÂNCIA DE MODELOS

require(lme4)
m0 <- lm(area ~ progenie + local,data=dados)
m1 <- lmer(area ~ (1|progenie) + local,data=dados, REML = TRUE)
anova(m0)

```

```

anova(m1)
anova(m1,m0) #Faz diferença usar progenies como fator aleatorio
m0 <- lm(area ~ progenie + local,data=dados)
m0
m1 <- lmer(area ~ progenie + (1|local),data=dados, REML = TRUE)
anova(m0)
anova(m1)
anova(m1,m0) #O local é de efeito fixo
m0 <- lmer(area ~ (1|progenie) + local + (1|local:progenie),data=dados)
anova(m0)
m1 <- lmer(area ~ (1|progenie) + local,data=dados)
anova(m1,m0) #Não ha interacao entre local e progenies
summary(anova)
require("VCA")
ANOVA = anovaVCA(area~local+progenie+fruto, dados)
hist(area)
hist(residuals(ANOVA))
qqnorm(residuals(ANOVA))
qqline(residuals(ANOVA), col = "steelblue", lwd = 2)

#CÁLCULOS DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA

require("VCA")
ANOVA = anovaVCA(area~local+progenie+fruto, dados)
ANOVA

#ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

dados = read.table(file="biometria20_semoutliers.txt", sep="", header=TRUE)
attach(dados)
names(dados)
pca <- prcomp(dados[,c(5:8,10)], center = TRUE,scale. = TRUE)
summary(pca)
library(ggbiplot)
citation("ggbiplot")
ggbiplot(pca)
ggbiplot(pca,ellipse=FALSE, groups=local)

#ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE GRAVATÁ E OSÓRIO
dados = read.table(file="gravata_osorio.txt", sep="", header=TRUE)
pca <- prcomp(dados[,c(5:8,10)], center = TRUE,scale. = TRUE)

```

```
summary(pca)
ggbiplot(pca)
ggbiplot(pca, ellipse=FALSE, groups=local)
citation("VCA")

#ANÁLISE DE REGRESSÃO

options(OutDec=",")
dados = read.table(file="massatodos.txt", sep=" ", header=TRUE,)
dados
attach(dados)
names(dados)

modelo1=lm(mp~mt)
summary(modelo1)
modelo2=lm(mp ~area)
summary(modelo2)
require(ggplot2)
ggplot(dados,aes(mt, mp))+
  geom_point() +
  geom_smooth(method='lm')+
  labs(x = "Massa total (g)", y = "Massa da polpa (g)", size = 10)

ggplot(dados,aes(area, mp))+
  geom_point() +
  geom_smooth(method='lm')+
  labs(x = "Área (mm²)", y = "Massa da polpa (g)", size = 10)
```

Fonte: Autor (2022)

## APÊNDICE B: LISTA DOS INDIVÍDUOS E SUAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Indivíduo	Município	Latitude	Longitude
1		29°46' 29,664''S	50° 09' 30,854''W
2		29°46' 29,300''S	50° 09' 30,855''W
3		29°46' 28,415''S	50° 09' 30,702''W
4		29°46' 25,063''S	50° 09' 30,690''W
5		29°46' 23,008''S	50° 09' 30,148''W
6		29°46' 19,585''S	50° 09' 31,047''W
7		29°46' 19,637''S	50° 09' 31,939''W
8	Osório	29°46' 20,085''S	50° 09' 32,398''W
9		29°46' 21,385''S	50° 09' 36,339''W
10		29°46' 22,501''S	50° 09' 39,125''W
11		29°46' 23,345''S	50° 09' 41,521''W
12		29°46' 21,486''S	50° 09' 41,239''W
13		29°46' 21,954''S	50° 09' 38,742''W
14		29°46' 25,609''S	50° 09' 44,318''W
15		29°46' 30,154''S	50° 09' 44,731''W
1		30° 17' 16,664''S	50° 28' 48,781''W
2		30° 17' 11,088''S	50° 28' 46,485''W
3		30° 17' 09,300''S	50° 28' 44,205''W
4		30° 17' 05,437''S	50° 28' 42,735''W
5		30° 17' 03,836''S	50° 28' 45,790''W
6		30° 17' 03,561''S	50° 28' 47,702''W
7		30° 17' 04,725''S	50° 28' 49,576''W
8		30° 17' 04,603''S	50° 28' 50,620''W
9	Palmares	30° 17' 03,750''S	50° 28' 51,383''W
10		30° 17' 03,657''S	50° 28' 51,153''W
11		30° 17' 04,798''S	50° 28' 52,256''W
12		30° 17' 05,076''S	50° 28' 52,808''W
13		30° 17' 03,979''S	50° 28' 52,391''W
14		30° 17' 03,362''S	50° 28' 52,122''W
15		30° 17' 00,753''S	50° 28' 48,509''W
16		30° 17' 00,107''S	50° 28' 44,224''W
1		28° 30' 19,401''S	48° 45' 28,428''W
2		28° 30' 19,492''S	48° 45' 28,898''W
3		28° 30' 19,489''S	48° 45' 29,064''W
4		28° 30' 19,992''S	48° 45' 29,266''W
5		28° 30' 20,018''S	48° 45' 29,214''W
6		28° 30' 19,939''S	48° 45' 29,485''W
7		28° 30' 19,439''S	48° 45' 30,112''W
8		28° 30' 18,682''S	48° 45' 29,588''W
9		28° 30' 18,905''S	48° 45' 30,006''W
10		28° 30' 18,495''S	48° 45' 30,278''W
11	Laguna	28° 30' 18,821''S	48° 45' 31,441''W
12		28° 30' 19,136''S	48° 45' 31,213''W
13		28° 30' 24,303''S	48° 45' 27,601''W
14		28° 30' 24,950''S	48° 45' 27,564''W
15		28° 30' 23,196''S	48° 45' 27,754''W
16		28° 30' 22,460''S	48° 45' 28,161''W
17		28° 30' 22,562''S	48° 45' 27,997''W
18		28° 30' 25,252''S	48° 45' 18,169''W
19		28° 30' 25,094''S	48° 45' 17,768''W
20		28° 30' 27,793''S	48° 45' 18,559''W
21		28° 30' 27,690''S	48° 45' 18,999''W
22		28° 30' 27,700''S	48° 45' 19,026''W

Fonte: Autor (2022)