

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**REGIVAN ANTONIO DE SAUL**

**CARACTERIZAÇÃO DE REMANESCENTE FLORESTAL EM UMA  
REGIÃO DE ECÓTONO ENTRE O NOROESTE PAULISTA E O  
BOLSÃO SUL MATO GROSSENSE: O CASO DO FAVEIRO  
(*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.) - FABACEAE**

Ilha Solteira

2023

# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**REGIVAN ANTONIO DE SAUL**

**CARACTERIZAÇÃO DE REMANESCENTE FLORESTAL EM UMA  
REGIÃO DE ECÓTONO ENTRE O NOROESTE PAULISTA E O  
BOLSÃO SUL MATO GROSSENSE: O CASO DO FAVEIRO (*Pterodon  
pubescens* (Benth.) Benth.) - FABACEAE**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como  
parte dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Agronomia na área de  
concentração em Sistemas de Produção.

**Orientador:** Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de  
Moraes

**Coorientador:** Dr. José Cambuim

**Coorientador:** Dr. Alexandre Marques da  
Silva

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S256c Saul, Regivan Antonio de.  
Caracterização de remanescente florestal em uma região de ecótono entre o noroeste paulista e o bolsão sul mato grossense: o caso do faveiro (*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.) - FABACEAE / Regivan Antonio de Saul. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023  
75 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes  
Co-orientador: José Cambuim  
Co-orientador: Alexandre Marques da Silva  
Inclui bibliografia

1. Populações. 2. Fragmentação. 3. Contatos. 4. Parâmetros.

## DEDICATÓRIA

A Deus por sempre ter me honrado.

A minha esposa Francieli Alves Caldeira Saul e minha mãe Emília de Souza Saul por sempre terem me apoiado e incentivado. A meu pai Nilson Antonio de Saul – *In memoriam*, pelas conversas e conselhos.

## AGRADECIMENTOS

Todo agradecimento a minha família que sempre me apoiou nas horas difíceis e nos bons momentos.

Ao professor Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes por ter aceitado este árduo desafio de me orientar – Obrigado pelos conselhos, palavras e pelo incentivo.

Em nome do professor Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes agradeço a todos os meus professores que desde a pré-escola até a pós graduação, foram responsáveis por ter chegado até aqui – **Estes são gigantes para mim.**

Aos amigos e coorientadores Prof. Dr. José Cambuim e Prof. Dr. Alexandre Marques da Silva, pelas lições no trabalho de campo, coleta de dados e no laboratório de análises de solos e tecido vegetal respectivamente.

A Selma Maria Bozzite de Moraes coordenadora do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura I e II, pelo apoio nas análises de sementes.

Aos amigos professores Dr. Alan Peres Ferraz de Melo e Dr. Luciano Alves dos Anjos, pela amizade conselhos e pela indicação a este programa.

Aos amigos André Thiago Cieslak Stuari, Daniele Fernanda Zulian, Darlin U. Gonzalez Zaruma, Jose Carlos de Oliveira Junior, Murilo da Serra Silva, Alonso Ângelo da Silva, Patrícia Ferreira Alves, Thaisa Yuriko Kuboyama Kubota, pelos incentivos e pelas várias horas de boa “prosa”.

Aos companheiros de trabalho da agência do Banco do Brasil de Ilha Solteira SP, pela força e empenho junto a esta empreitada.

Ao Banco do Brasil S/A. Empresa, este que tenho o orgulho de fazer parte e que me propiciou condições para que continuasse meus estudos.

Ao Núcleo de Documentação Histórica “Honório de Souza Carneiro” da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS – Campus de Três Lagoas.

Em especial gostaria de agradecer ao Sr. Dejanirio Pereira da Silva e ao Sr. José Caneca, ambos *In memoriam*. O primeiro grande conhecedor das plantas do Cerrado paulista, foi ele quem me ensinou e me emprestou o primeiro livro sobre plantas medicinais do Cerrado, quando tinha meus 12 anos de idade, despertando meu

interesse pelo tema. Ao segundo pela doação de um vasto acervo fotográfico dos cerrados da Fazenda Tapir no atual município de Suzanópolis SP.

Também *In memoriam* não poderia deixar de agradecer dois mestres e amigos, que muito me incentivavam e que há muito partiram para o Oriente Eterno, mais que sempre medito nos seus conselhos e os quais, guardo no coração: Prof. Msc. Nazareth dos Reis e Prof. Dra. Norma Marinovic Doro – Professor Nazareth o senhor tinha razão, Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo, me foi muito útil, obrigado!

**“O presente trabalho só pode ser realizado graças ao apoio do Banco do Brasil S/A por intermédio do programa de Educação Continuada da Universidade Cooperativa do Banco do Brasil - Unibb.”**

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes”

Isaac Newton

## RESUMO

Este trabalho foi realizado com a Sucupira branca (*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.), espécie que passou pelo processo histórico de exploração nas regiões Noroeste do Estado de São Paulo e do Bolsão Sul Mato Grossense, durante a segunda metade do século XX, evento que forçou a fragmentação populacional da espécie em seu ambiente natural, provocando um forte impacto em seu modelo reprodutivo, principalmente pela transformação das áreas de contato entre a Floresta Estacional Semidecidual e o Cerrado em áreas destinadas a prática da agropecuária, isolando indivíduos e populações. Através de um modelo simulado baseado em caracteres morfológicos passíveis de serem caracterizados em uma proporção mendeliana, propôs-se evidenciar indivíduos de *Pterodon pubescens*, contidos em três fragmentos localizados nos municípios de Aparecida D'Oeste - SP, Selvíria – MS e Paranaíba - MS/Lagoa Santa GO. Procurou-se então através da análise dos caracteres de Altura total, Altura comercial, Diâmetro a altura do peito e Diâmetro médio de copa, contidos em 134 árvores matrizes distribuídas entre estes municípios determinar parâmetros genéticos como a frequência alélica, frequência genotípica, heterozigosidade esperada, heterozigosidade observada, índice de fixação, diversidade alélica dentro de populações e entre populações, assim como a razão entre a diversidade alélica entre populações a diversidade alélica total, utilizando-se os modelos propostos por Nei (1973) e Hedrick (2005). Ainda se objetivou estabelecer a relação sobre a ocupação deste território pela espécie em eras geológicas próximas (18.000 a 13.000 anos), principalmente o papel das mudanças climáticas advindos da última era glacial – Würm-Wisconsin, passíveis de serem analisadas, tomando como base para tal a aplicação da Teoria Dos Refúgios Florestais para o estabelecimento e propagação de *Pterodon pubescens* assim como sua preservação e conservação.

**Palavras-chave:** populações; fragmentação; contatos; parâmetros.



## ABSTRACT

This work was carried out with Sucupira Branca (*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.), a species that went through the historical process of exploitation in the Northwest regions of the State of São Paulo and Bolsão Sul Mato Grossense, during the second half of the 20th century, event that forced the population fragmentation of the species in its natural environment, causing a strong impact on its reproductive model, mainly due to the transformation of the contact areas between the Semideciduous Seasonal Forest and the Cerrado into areas destined to the practice of agriculture, isolating individuals and populations. Through a simulated model based on morphological characters that can be characterized in a Mendelian proportion, it was proposed to evidence individuals of *Pterodon pubescens*, contained in three fragments located in the municipalities of Aparecida D'Oeste - SP, Selvíria - MS and Paranaíba - MS/ Lagoa Santa GO. It was then sought, through the analysis of the characters of Total Height, Commercial Height, Diameter at breast height and Average crown diameter, contained in 134 mother trees distributed among these municipalities, to determine genetic parameters such as allele frequency, genotypic frequency, expected heterozygosity, observed heterozygosity, fixation index, allelic diversity within populations and between populations, as well as the ratio between allelic diversity between populations and total allelic diversity, using the models proposed by Nei (1973) and Hedrick (2005). It also aimed to establish the relationship between the occupation of this territory by the species in close geological eras (18,000 to 13,000 years), mainly the role of climate changes arising from the last ice age - Würm-Wisconsin, which can be analyzed, taking as a basis for this the application of the Theory of Forest Refuges for the establishment and propagation of *Pterodon pubescens* as well as its preservation and conservation.

**Keywords:** populations; fragmentation; contacts; parameters.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Folha, frutos e caule de sucupira	<b>17</b>
<b>Figura 2</b>	Inflorescência de <i>Pterodon pubescens</i> , mostrando cálices superiores e lobos inferiores	<b>18</b>
<b>Figura 3</b>	Cobertura vegetal Primitiva de São Paulo	<b>24</b>
<b>Figura 4</b>	Condições climáticas atuais e paleoclimáticas da América do Sul	<b>25</b>
<b>Figura 5</b>	Domínios naturais Sul americano entre 18.000 - 13.000 anos	<b>27</b>
<b>Figura 6</b>	Domínios naturais de São Paulo entre 18.000 - 13.000 anos	<b>28</b>
<b>Figura 7</b>	Distribuição dos principais biomas brasileiros	<b>29</b>
<b>Figura 8</b>	Fitofisionomia de Campo sujo localizada entre os atuais municípios de Aparecida D'Oeste e Suzanápolis - SP no ano de 1945	<b>30</b>
<b>Figura 9</b>	Floresta Estacional Semidecidual registrada em 1945 e nos dias atuais na mesma estrada no município de Suzanápolis SP	<b>32</b>
<b>Figura 10</b>	Frente de ocupação do Oeste paulista nos anos de 1920 a 1940	<b>35</b>
<b>Figura 11</b>	O Estado de São Paulo em 1910 mostrando suas florestas e campos.	<b>37</b>
<b>Figura 12</b>	Exploração de madeira no entorno do Município de Pereira Barreto - 1950	<b>38</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Médias por populações conforme valores fenotípicos mesurados	<b>48</b>
	Formação de grupos com base no método de aglomeração:	
<b>Tabela 2</b>	Agrupamento de Tocher com base nos caracteres silviculturais: altura total (HTO), altura comercial (HCO), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC, m) em três populações - POP-APO, POP-SEL e POP-LAS em 2021	<b>50</b>
<b>Tabela 3</b>	Frequência de alelos por caractere e população para o Equilíbrio de Hardy-Weinberg	<b>54</b>
	Heterozigosidade observada $H_O$ ; Heterozigosidade esperada $H_E$ para o Equilíbrio de Hardy-Weinberg por população isolada e considerando todos os indivíduos como uma única população (POP-ALL), onde: <b>A</b> é ao número de alelos por loco e <b>F</b> é o índice de fixação	<b>54</b>
<b>Tabela 4</b>	Média da diversidade alélica dentro de populações ( $H_S$ ), diversidade alélica total ( $H_T$ ), diversidade alélica entre populações ( $D_{ST}$ ), razão entre $D_{ST}$ e $H_T$ , com base em Nei (1973) ( $G_{ST}$ ) e Hedrick (2005) ( $G'_{ST}$ ) em populações naturais de <i>Pterodon pubescens</i> , para quatro locos quantitativos: HCO, HTO, DAP e DMC	<b>57</b>
<b>Tabela 5</b>	Média da diversidade alélica dentro de populações ( $H_S$ ), diversidade alélica total ( $H_T$ ), diversidade alélica entre populações ( $D_{ST}$ ), razão entre $D_{ST}$ e $H_T$ , com base em Nei (1973) ( $G_{ST}$ ) e Hedrick (2005) ( $G'_{ST}$ ) em populações naturais de <i>Pterodon pubescens</i> , para quatro locos quantitativos: HCO, HTO, DAP e DMC. Considerando todos os indivíduos	<b>58</b>
<b>Tabela 6</b>	Dados amostrados da População Aparecida D'oeste SP (APO)	<b>67</b>
<b>Tabela 7</b>	Dados amostrados da População Selvíria - MS (SEL)	<b>68</b>
<b>Tabela 8</b>	Dados amostrados da População Lagoa Santa - GO (LAS)	<b>69</b>
<b>Tabela 9</b>	População Aparecida D'oeste SP, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)	<b>70</b>
<b>Tabela 10</b>	População Selvíria MS, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)	<b>70</b>
<b>Tabela 11</b>	População Lagoa Santa GO, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)	<b>71</b>
<b>Tabela 12</b>	Matrizes de <i>Pterodon pubescens</i> vistas como uma única população: Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)	<b>71</b>
<b>Tabela 13</b>	Exemplo de um loco (HCO) da população (POP-APO) total como foi feita a simulação, primeiro passo: ordenar as arvores matrizes e	<b>72</b>

encontrar o numero Z

<b>Tabela 15</b>	Segundo passo: determinar o intervalo de classes (LI – LS) dos genótipos e a frequência (f) que cada um é encontrado na população	<b>73</b>
<b>Tabela 16</b>	Terceiro passo: calcular a frequência de cada alelo para o equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW)	<b>74</b>
<b>Tabela 17</b>	Quarto passo: calcular a frequência dos genótipos para o equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW)	<b>74</b>
<b>Tabela 18</b>	Quinto passo: calcular a Heterozigosidade observada ( $H_o$ ), Heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) e o índice de fixação (F)	<b>75</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>17</b>
3.1	<i>A Pterodon pubescens</i>	<b>17</b>
3.2	<i>O solo das áreas de ocorrência</i>	<b>21</b>
3.3	<i>Entre o Cerrado e a Mata Atlântica: O ecótono da Bacia do Paraná</i>	<b>23</b>
3.4	<i>Definição espacial e histórica da ocupação e supressão da vegetação no Noroeste Paulista e Bolsão Sul Mato Grossense</i>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>40</b>
4.1	<i>Áreas de levantamento</i>	<b>40</b>
4.2	<i>Equipamentos e análises aplicados</i>	<b>40</b>
4.3	<i>Estimativas dos componentes de variância</i>	<b>41</b>
4.4	<i>Estimativas de componente genéticos</i>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>48</b>
5.1	<i>Caracteres silviculturais</i>	<b>48</b>
5.2	<i>Caracteres genéticos</i>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em ecologia é amplamente utilizado o conceito de biomas referindo-se a ecossistemas determinados fortemente pela ação climática, ou seja, este princípio estabelece uma relação íntima entre o clima e a vegetação onde estes definem as fronteiras dos biomas terrestres (RICKLEFS, 2010). O clima é o grande fator determinante (porém não o único) para as formas de crescimento e distribuição das plantas. Whittaker (1975) definiu os biomas primeiramente pelo seu tipo de vegetação e posteriormente relacionou as vegetações com o fator climático (temperatura e precipitação anual) em um modelo diagramático.

Conforme este modelo a região Noroeste do Estado de São Paulo e a região do Bolsão Sul Mato-Grossense estariam enquadradas no que Whittaker classifica como região propícia ao desenvolvimento de Floresta Sazonal Tropical ou Savanas, fitofisionomias estas que compõem as regiões atualmente, e, fortemente marcadas pelo contato entre as duas. É importante destacar que em eras geológicas anteriores, encontrava-se na região uma vegetação característica de espécies xerófitas (VIADANA, 2002 e AB'SABER, 1977), aproximando algumas áreas de São Paulo e Mato Grosso do Sul ao que se observa no Nordeste brasileiro no atual bioma Caatinga. Prova disto são os fragmentos vegetacionais ainda existentes em áreas como o Parque Estadual do Morro do Diabo, no município de Teodoro Sampaio SP, próximo da fronteira com o Estado do Paraná. Olhando para a atualidade surge uma dúvida, como este ambiente deve ser classificado? Tendo em vista que apresenta características climáticas muito parecidas, mas com tipos de vegetações distintas e que em muitos casos se mesclam e aparentam. Características estas comuns, tanto na região Noroeste Paulista quanto na Região do Bolsão Sul Mato Grossense e daí estendendo-se para o Sudoeste Goiano e Triângulo Mineiro.

Parece oportuno então compreender estes espaços como sendo um ambiente de transição de choque entre tipos fitogeográficos e fitofisionômicos.

Regiões que apresentam transição entre tipos de vegetação fitogeográficas ou fitofisionômicas são denominadas de ecótono. Este por sua vez é fruto da justaposição de diferentes habitats ou tipos de ecossistemas (ODUM, BARRETT, 2011), diante do exposto este conceito pressupõe a existência de interações entre os dois ecossistemas. No campo da Geografia Física este fenômeno também foi observado para a região de fronteira entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul,

especialmente nas áreas de influência da Bacia do Rio Paraná, este espaço foi denominado, quando analisado os domínios morfoclimáticos brasileiros, como uma faixa de transição (AB'SÁBER, 2012), entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, esta última com sua fitofisionomia de Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua (COUTINHO, 2016), também conhecida como Floresta Estacional Semidecidual. É importante salientar que estes ambientes sofreram significativamente com a ação antrópica durante o século XX perdendo quase toda a sua vegetação nativa durante o processo de expansão da "franja" pioneira nas décadas de 1930, 1940 e 1950 (MONBEIG, 1984).

É dentro deste panorama rico em biodiversidade que se localiza a espécie *Pterodon pubescens* (Benth) Benth. Esta angiosperma da família Fabaceae conhecida popularmente pelos nomes de sucupira branca, fava, faveiro, faveiro amarelo, faveiro vermelho, sucupira, sucupira branca e sucupira lisa. É uma espécie que apresenta desde padrões arbustivos chegando à arbórea com padrão foliar decíduo, possui como característica morfológica com dimensões aproximadamente de 15 m de altura (CARVALHO, 2014), e no caso das populações amostradas, chegando a mais de 90 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). Assim sendo faz-se necessária a compreensão das formas de penetração da espécie na área de contato entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica.

## 2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi caracterizar através de uma simulação, indivíduos de *Pterodon pubescens*, contidos em três fragmentos populacionais na região de ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica, localizado na Bacia do Rio Paraná, especificamente entre o Bolsão Sul Mato Grossense e o Noroeste Paulista.

Objetivos específicos:

- I. Verificar a partir de caracteres silviculturais se os três fragmentos de floresta e cerrado faziam parte de uma mesma população separada pela ação antrópica ao longo do processo de ocupação, e o efeito desta fragmentação nos indivíduos remanescentes, bem como a necessidade da conservação *in situ* e *ex situ* da espécie tendo em vista seus padrões de distribuição espacial.
- II. Compreender a ocupação do espaço regional a partir do processo de exploração da espécie *Pterodon pubescens*.
- III. Analisar a possibilidade e empregabilidade de um modelo simulado, baseado em caracteres mendelianos, para o estudo da diversidade gênica de uma população natural de sucupira.

Mesmo que neste trabalho não se procurou adotar os aspectos moleculares envolvidos na genética da espécie, cabe sugerir que ao se adotar a sucupira em duas áreas diferentes neste ambiente de contato entre populações, várias perguntas surgiram. Questionamentos como, e de que forma se processa, ou se processou, o fluxo gênico nestas populações de *P. pubescens*? Existiu uma troca de material entre elas, esta ainda ocorre? Estas populações tendem ao isolamento reprodutivo tendo em vista a fragmentação do habitat e as ações antrópicas? O fluxo gênico ocorre ou ocorreu no sentido ao ecótipo savânico ou ao ecótipo florestal? Acredita-se que ao se delimitar este tipo de ambiente de transição entre dois biomas seja mais fácil entender e responder questões como estas.



### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A *Pterodon pubescens*

A sucupira (*Pterodon pubescens* (Benth.) Benth.), é uma espécie da família Fabaceae (CARVALHO, 2021), pertencente ao gênero *Pterodon* Vogel. Este gênero faz parte do clado *Dipterygeae* e juntamente com *Dipteryx*, *Monopteryx* e *Taralea*, compõem uma das linhagens mais basais dentro da subfamília Faboideae (CARDOSO, et al. 2012). Uma sinapomorfia - caracteres homólogos apomórficos compartilhados por dois ou mais táxons, que une os membros deste clado é "um cálice de dois lábios incomuns em que os dois lobos superiores são muito alargados e os três lobos inferiores são reduzidos a pequenos dentes". Membros de *Dipterygeae*, bem como espécies encontradas em seu grupo irmão, *Amburaneae* (CARDOSO, et al. 2013) são conhecidos por produzir uma variedade de resinas (bálsamos, cumarinas etc.). As espécies de *Pterodon* distribuem-se na América do Sul, sendo que no Brasil localizam-se na Caatinga, Cerrado e áreas da Amazônia e da Mata Atlântica (Figura 1).

**Figura 1** – Folha, frutos e caule da sucupira



Fonte: Próprio autor.

As plantas de sucupira variam em altura entre 8 a 30 metros, dotadas de copa globosa, com fuste de até 8 metros de comprimento, apresenta uma madeira densa

(0,85 g cm<sup>-3</sup> a 0,95 g cm<sup>-3</sup>) com 15% de umidade, difícil de rachar. Sua madeira possui uma ampla empregabilidade podendo ser utilizada na construção civil, pontes, vigamentos, carroçarias, cabos de ferramentas, implementos agrícolas, cruzetas, tacos de assoalho, esquadrias, macetas e dormentes (CARVALHO, 2014), construção naval, postes, carvão e lenha (LORENZI, 2014), possuindo uma longa durabilidade mesmo quando em contato com o solo e umidade.

Esta espécie quando atinge a maturidade, apresenta casca áspera, clara, descamante em exemplares mais velhas. Ocorrendo em cerradão e na floresta estacional semidecidual, particularmente em zonas de transição entre estes dois tipos de vegetação (DURIGAN et al., 2004). Possui copas com ramos terminais pilosos e acinzentados, seu tronco varia da cor cinza a amarelado, bem áspero – dependendo da idade da árvore, as folhas têm padrão decíduo, compostas pinadas, com 18 a 30 folíolos alternos (SILVA-JUNIOR, 2005), pubescentes em ambas as faces, característica esta que dá nome a espécie, elípticos a levemente ovados, folíolos com ápice de levemente retuso a arredondado; ráquis denso pubescente (BRASIL - MMA, 2016), apresenta inúmeras glândulas translúcidas e com uma estrutura membranácea e pilosa (CARVALHO, 2014). Florescem entre julho e outubro, as flores apresentam cor rosada, dispostas em inflorescências terminais paniculadas, (Figura 2), bem atrativas para insetos, principalmente vespas e abelhas. Destacando-se outra característica muito importante das plantas de *Pterodon pubescens*, sua característica melífera (SARTORELLI e CAMPOS FILHO, 2017).

**Figura 2** – Inflorescência de *Pterodon pubescens*, mostrando cálices superiores e lobos inferiores



Fonte: Próprio autor

Os frutos que se formam são vagens do tipo sâmaras, indeiscentes e aladas, contendo uma única semente envolta por uma cápsula fibro lenhosa que no seu exterior possui uma estrutura esponjosa como favos de mel, ricas em uma substância oleosa (LORENZI, 2008). Ainda sobre os frutos, amadurecem de junho a setembro. Um quilo rende aproximadamente 1.200 sementes das quais tem uma taxa de germinação, em média, de 15%. O óleo das vagens é utilizado na medicina popular para azia, gastrite e dor de garganta. Sua casca seca e moída é usada no sal do gado e também na medicina popular. A madeira é amarela esbranquiçada, resistente e durável (CAMPOS FILHO, 2009). Sobre sua distribuição a espécie pode ser encontrada nos Estados de Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo, possuindo então uma ampla distribuição no território brasileiro, ou seja, é encontrada em quatro domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal (CARVALHO, CARDOSO e LIMA, 2020). É importante destacar que a espécie é muito adaptada ao fogo, apresentando vigorosa rebrota após queimada e corte.

A *P. pubescens* em seus óleos e essências tem na medicina popular, uma ampla gama de recomendações. Indicações pra tratamento de reumatismo, como anti-infeccioso, no tratamento de diabetes, são amplamente divulgados nos meios rurais onde a espécie é encontrada, no interior do Estado de São Paulo é comum encontrar seus frutos imersos em água ardente onde são curtidos, liberando suas substâncias. Posteriormente essa mistura é ingerida com fins de combater “dores pelo corpo”. Lorenzi e Matos (2004) apontam que da casca se produz um óleo aromático utilizado no tratamento de reumatismo, as túberas radiculares, ou “batatas de sucupira” são empregadas no tratamento da diabetes. Estudos apontam que o óleo dos frutos inibe a penetração da cercaria da esquistossomose. Santos Filho (1987) demonstra que sabonetes contendo substâncias extraídas de *P. pubescens* são úteis no combate de infecções esquistossomótica.

As árvores de *P. pubescens* possuem um lento crescimento, mas conservam características que fazem da mesma uma forte candidata para arborização urbana, sua madeira é muito resistente (SILVA-JUNIOR, 2005), com tecido compacto revolvido muito duro, sendo difícil de ser rachada e apresentando uma longa durabilidade mesmo em contato com umidade e o solo (LORENZI, 2014). Altamente resistente a putrefação, é própria para construção civil e naval, pilares de pontes, dormentes, postes, assoalho de vagões, carrocerias, além de móveis de excelente

qualidade (BRASIL - MMA, 2014). A madeira do faveiro apresenta superfície sem lustro, um tanto áspera ao tato, quando recém cortada, o cerne é bege-amarelado, tendendo ao castanho mais ou menos claro, uniforme (CARVALHO, 2014).

Demanda uma precipitação média entre 800 mm a 1600 mm ano, sendo uma espécie secundária inicial, heliófita, não tolerando baixas temperaturas, recomendada para plantios mistos (CARVALHO, 2014). Como sua preferência de ocupação localizada em áreas de cerradão, cerrado denso, cerrado, matas ciliares da região do cerrado (CAMPOS FILHO, 2009) e transição para floresta semidecídua (LORENZI, 2014), esta espécie é indicada para reflorestamento destas regiões. A *P. pubescens* é explorada para o uso de sua madeira, por meio do extrativismo, e pela comercialização de seus frutos, óleos de casca, que é comum em muitas feiras pelo Brasil. Embora haja o comércio diário de pequenas quantias dos frutos e cascas, imagina-se que maiores quantidades são fornecidas para farmácias de manipulação, que preparam extratos e outros produtos à base de *P. pubescens* (BRASIL - MMA, 2014).

Tão importante quanto os elementos já apresentados acerca da sucupira não se pode deixar de lado o potencial que a espécie demonstra em seu ecossistema tendo aptidões para composição de Agroflorestas ou em sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta, tendo em vista sua capacidade em aumentar o índice de nitrogênio no solo, o acréscimo nos teores de proteína bruta da matéria seca em gramíneas, atração de polinizadores, comporem um dossel que permite meia sombra nos sub-bosques onde espécies um pouco mais exigentes a luz podem se desenvolver etc. (BRASIL - MMA, 2016).

*P. pubescens* apresenta outras características peculiares como o uso de praticamente todas as partes da planta no emprego da medicina popular. Neste quesito, extratos de suas partes, principalmente seus óleos essenciais contidos no fruto, notabiliza-se seu poder de bloquear a dor - antinociceptivo (COELHO, 2005), no tratamento de células tumorais (VIEIRA, 2008), anti-inflamatória (HOSCHEID, 2013), na profilaxia da esquistossomose (KATZ, 1993), dentre vários outros empregos os quais merecem uma maior atenção no campo da pesquisa.

A definição de *Pterodon pubescens* (Benth.) Benth como uma espécie dentro do gênero *Pterodon* Vogel nem sempre foi aceita e até mesmo hoje esta espécie é trazida como sinônimo de *Pterodon emarginatus* Vogel por alguns autores, contudo a análise de dados genéticos e morfológicos juntamente com outras informações

sobre distribuição espacial, floração e polinização, permitem formular a existência de duas espécies distintas (ROCHA, 2006), ou seja, *Pterodon pubescens* (Benth.) Benth é uma espécie diferente de *Pterodon emarginatus* Vogel. Rocha também pode observar que em ambientes, nos quais as duas espécies coabitam, a ocorrência de indivíduos híbridos sugerindo que o processo de especiação das duas espécies se deu em um passado não muito distante, permitindo as mesmas ainda cruzarem e se reproduzirem.

Mediante o que foi apresentado, e destacando a importância da *P. pubescens*, vê-se a necessidade de estudos voltados para a compreensão da ecologia e genética dessa espécie para sua conservação e melhor entendimento de seu papel na natureza, desta forma elencando seus potenciais usos tanto de forma direta como de forma indireta, principalmente na recuperação de áreas degradadas na região ecotonal mencionada.

### **3.2 O solo das áreas de ocorrência**

Os solos de ambas regiões são basicamente constituídos por Argissolo Vermelho-Amarelo ou Vermelho, Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, sendo que o tipo de maior frequência nas referidas regiões trata-se do Argissolo Vermelho-Amarelo ou Vermelho o qual compreende os planaltos do Noroeste Paulista e a região central do Bolsão Sul Mato Grossense. É seguido pelo Latossolo nas margens do Rio Paraná, Tietê e São José dos Dourados na parte paulista (ROSSI, 2017) e no tocante a parte que corresponde ao Mato Grosso do Sul abrange áreas as margens do Rio Paraná em uma faixa de terra que avança da margem sul do Rio Aporé e Sudoeste Goiano, passando pelo centro da região indo além do rio Sucuriú rumo ao sul do Estado (IBGE, 1988).

Rossi (2017) aponta duas áreas de ocorrência de Neossolos Quartzarênicos no Noroeste Paulista, sendo uma área de maior de ocorrência nas margens do Rio São José dos Dourados compreendendo partes dos municípios de Marinópolis, Aparecida D'Oeste, Suzanápolis, Sud Mennucci e Pereira Barreto e outra área menor as Margens do Rio Tietê no município de Pereira Barreto. Cabe destacar que é nesta região com estas características de solos - Neossolos Quartzarênicos, que se localiza a maior parte da população paulista amostrada para realização deste trabalho.

Ressalta-se a necessidade de um estudo mais aprofundado no sentido de correlacionar o tipo de solo e a ocorrência desta espécie, bem como seu processo evolutivo em relação ao mesmo, a influência da base genética a qual a espécie possui no tocante ao seu desenvolvimento neste tipo de terreno e a plasticidade que este (ou estes) caráter proporciona a espécie no sentido de ocupar áreas diferentes em biomas diferentes e em condições de solos “pobres”.

Os Neossolos Quartzarênicos por sua vez nesta região do Noroeste Paulista, mostram-se como órticos típico, a moderado, álico em uma transição para Latossolo Vermelho-amarelo/Vermelho distrófico típico, a moderado, com textura média, ambos com fase de relevo ondulado e suave ondulado. Este tipo de solo é pertencente ao chamado *Arenosols* (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015), compreendendo solos arenosos profundos. Isso inclui solos formados por areias residuais oriundas do intemperismo *in situ* de sedimentos, formado por rochas geralmente ricas em quartzo e solos que tiveram por gênese areias de dunas, desertos e praias, depositados com o passar dos anos.

No que tange a distribuição da sucupira essa não se resume exclusivamente as áreas de Neossolos Quartzarênicos, apesar de mostrar-se com uma inclinação para tal, em resumo a espécie desde o processo de ocupação das regiões era um indicativo de solos mais “pobres” (CAIC, 2006) – cabe aqui ressaltar que este conceito de solos mais pobres advém do modelo de produção agrícola, tendo em vista que as espécies que se desenvolveram nestes tipos de solos criaram estratégias para sobreviver e se reproduzir nestes sem maiores problemas. Esta região entre os dois Estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo possuem características de solos bem semelhantes e assim um ponto a correlacionar são os tipos de vegetação que se desenvolveram neste. É comum encontrar um emaranhado entre Cerrados e Floresta Estacional Semidecidual formando esta área de ecótono entre as duas fitofisionomias, aspecto este que será abordado no próximo tópico. Mesmo a Floresta Estacional Semidecidual que se desenvolveu na região, ocupou áreas de solos típicos de Cerrados. Monbeig (1984) chama a atenção para o fato de que os solos da chamada “zona pioneira” do Estado de São Paulo eram basicamente compostos por arenitos, extremamente permeáveis e ácidos (pH 4,1 e 4,8), sendo em muitos aspectos inférteis. Estes solos têm sua formação datada nos períodos geológicos do Jurássico e do Cretáceo (IBGE, 1991), entre 200 e 65 milhões de anos atrás, ou seja, se

originaram no início da fragmentação da Pangeia e se consolidando em um período em que a América do Sul ainda estava ligada à costa ocidental africana.

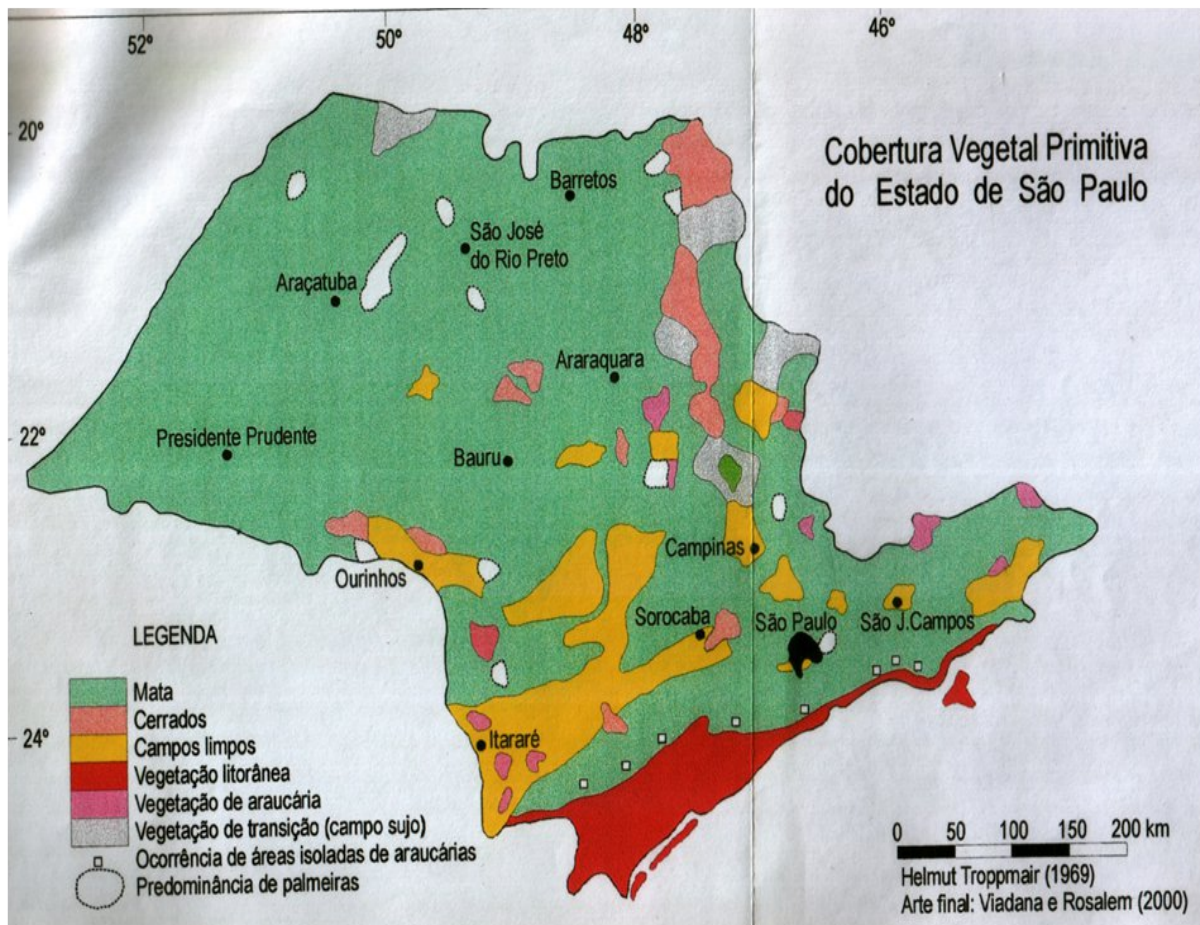
Tendo como base o critério agrícola, os solos do Cerrados são muito intemperizados, ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio e argilas que em geral são aluminossilicatos (MALAVOLTA, 1985), os teores de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) são baixos. No outro extremo os níveis de alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe) são elevados. O alumínio é geralmente encontrado na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , gibsitita e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que correspondem a solos ácidos muito intemperizados devido a presença necessária dos íons  $\text{H}^+$ . O manganês também pode se apresentar em formas elevadas como tóxico a plantas e em especial em solos ácidos assim como o ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

### **3.3 Entre o Cerrado e a Mata Atlântica: O ecótono da Bacia do Paraná**

Para se compreender os biomas que formam o ecótono do encontro entre o Nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul e o Noroeste paulista na atualidade é necessário se voltar para o fato de que estes biomas observados nem sempre foram assim, desde meados da década de 1950 já se conhecia alguns elementos sobre as flutuações climáticas em eras geológicas distintas, durante o Quaternário, por exemplo, (SALGADO-LABOURIAU, 2007 e SUGUIO, 2010), a vegetação encontrada no Estado de São Paulo era muito próxima da encontrada pelos portugueses no século XVI.



**Figura 3 – Cobertura vegetal Primitiva de São Paulo**

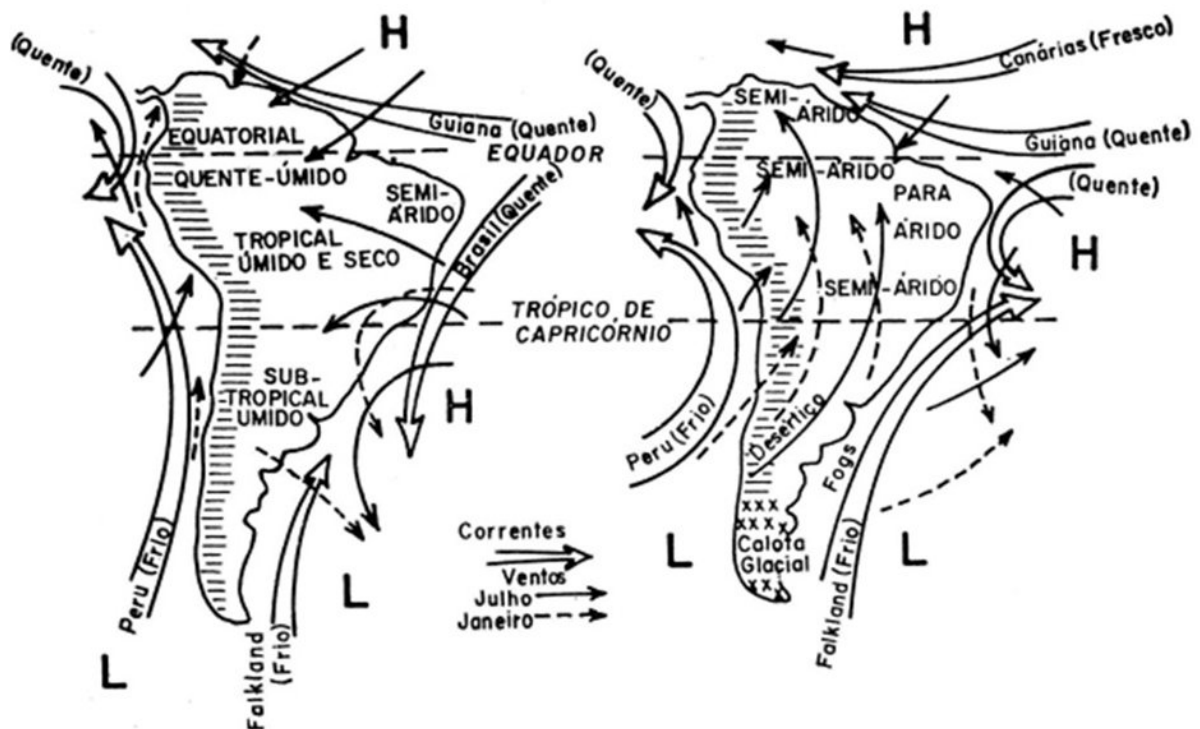


Fonte: TROPpMAIR, 1969 *apud* VIADANA, 2002.

É possível que mesmo antes do Quaternário, em eras anteriores, esta dinâmica se alterou em diversos espaços de tempo modificando o ambiente e consequentemente a fauna e a flora existente. Durante o quaternário que tem seu início datado por volta de 1,6 milhões de anos, e por se tratar de um tempo geológico mais próximo a contemporaneidade torna mais fácil observar estas mudanças (VANZOLINI, 1992), as quais são base para a Teoria dos Refúgios Florestais. Com base nesta teoria é possível entender como estas mudanças tiveram potencial para modificar a dinâmica fitogeográfica do Brasil tropical atlântico (HAFFER, 1992).



**Figura 4 – Condições climáticas atuais e paleoclimáticas da América do Sul**

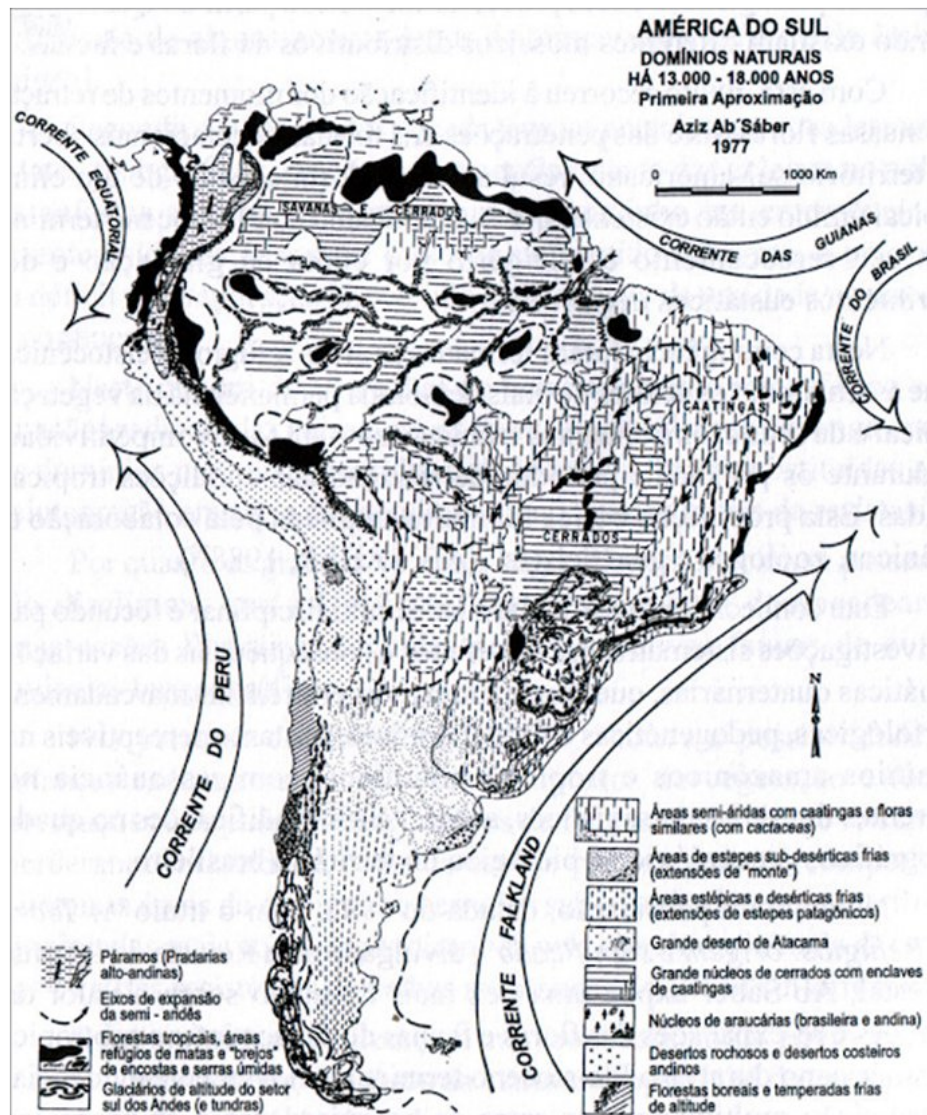


Fonte: AB'SABER, 1977

Cabe neste ponto realizar uma reflexão sobre a espécie *P. pubescens* dentro deste universo paleoclimático. O gênero *Pterodon* se classifica dentro da tribo Dipterygeae, clado ADA, subfamília Faboidae dentro da grande família das Fabaceae (CARDOSO. et al, 2013). Tomando como base esta classificação, ao se observar Dipterygeae e seus quatro gêneros que a compõe: *Dipteryx*, *Pterodon*, *Taralea* e *Monopteryx*, e estes por sua ocorrência apenas na região Neotropical, permite teorizar que a ocorrência e evolução destas espécies se deram por volta de 100 a 60 milhões de anos quando a massa de terra que hoje se conhece como América do Sul já estava completamente separada da massa africana.

Segundo Viadana (2002), o período que remonta ao final do Pleistoceno e início do Holoceno (18.000 a 13.000 anos), e lançando mão do recorte da região amostrada, é possível perceber elementos de dois biomas brasileiros entrelaçados e se formando: o Cerrado e a Mata Atlântica, dois *hotspots* de biodiversidade mundial (MYERS et al., 2000). Esta vegetação compõe o que o naturalista Hueck (1972) denomina de domínio Neotropical, mas com um novo gradiente, gerado pelas condições climáticas existentes em tal período: a Caatinga.

**Figura 5 – Domínios naturais Sul americano entre 18.000 - 13.000 anos**



Fonte: Ab'Sáber, 1977 *apud* VIADANA, 2000.

Dos elementos da Teoria dos Refúgios Florestais, um dos mais importantes para o desenvolvimento da atual conjuntura florística da zona de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, nas divisas paulistas e sul mato grossense é a proposta de que outrora por efeito da última glaciação, ocorrida entre 12.000 e 18.000 anos – Würm \ Wisconsin (AB'SABER, 1977), levaram a uma significativa redução da temperatura e ressecamento do clima no interior do continente Sul americano. Este elemento provocou a retração dos cerrados em alguns pontos para a parte mais central do continente, e ampliação das áreas do mesmo em direção à região que atualmente é ocupada pela Floresta Amazônica e para o entorno do que hoje compõem a Floresta Estacional Semidecidual. Parte das áreas que “hoje” são





Centro Oeste brasileiro, nos Estados de São Paulo e Paraná, e no Gran Chaco (HUECK, 1972), por sua vez são indicativos deste passado.

Elementos geológicos como a presença de cascalheiras, pedregais e areais (arenoquartzosas) também denunciam esse passado (VIADANA, 2002). É fundamental destacar que essa teoria propõe que apesar das mudanças drásticas ocorridas algumas áreas permaneceram como remanescentes da antiga flora e fauna dos tempos de clima mais quentes e úmidos, ilhas de palmeiras se formaram, assim como representantes de espécies florestais resistiram junto aos leitos dos Rios ou em refúgios que não sofreram drasticamente com as mudanças, segregando e consequentemente selecionando populações em extremos, populações estas que em alguns casos, só voltariam a se reencontrar, com o findar da glaciação Würm - Wisconsin por volta de 10.000 anos com o aumento das temperaturas e da umidade.

A teoria proposta por Viadana (2000), para a formação da atual vegetação paulista trás em seu bojo importantes elementos para compreendermos a dinâmica da distribuição das únicas quatro espécies do gênero *Pterodon*. Primeira: *Pterodon pubescens* com ocorrência nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal, ocorrendo no Cerrado – *lato sensu*, em matas de galeria e na Floresta Estacional Semidecidual. Segunda: *Pterodon emarginatus* Vogel, assim como *P. pubescens* ocorrendo nas mesmas fitofisionomias e tipos de vegetação. Terceira: *Pterodon abruptus* (Moric.) Benth., esta com ocorrência na Caatinga e Cerrado, desenvolvendo-se nas matas de galeria, no Cerrado no seu sentido amplo e em ecótonos com a Floresta Estacional Semidecidual, sendo endêmica do Brasil. Quarta: *Pterodon cipoensis* C.S. Carvalho, H.C.Lima & D.B.O.S. Carvalho, ocorrendo apenas no Estado de Minas Gerais, no Bioma Cerrado e especificamente em campos rupestres (CARVALHO, et al. 2021). O segundo aspecto prático desta teoria, o fato de que ao propor a expansão e posterior retração das áreas de cerrado e permitir que em alguns pontos a existência de refúgios de vegetação.

Estes elementos se levado a cabo a hipótese de Darwin da descendência comum em que as espécies do mesmo gênero são semelhantes porque se originam de um ancestral comum recente (WEINER, 1995), em tese pode levar a crença de que as quatro espécies podem ter se originado em decorrência destes isolamentos provocados pelas alterações paleoclimáticas em um passado não muito distante. Rocha (2006) destaca que essa divisão entre espécies do *Pterodon* pode ser bem recente à medida que o cruzamento entre as espécies em campo pode ocorrer

produzindo híbridos, fato identificado entre *P. pubescens* e *P. emarginatus*, contudo Rocha não descreve em seu trabalho se estes híbridos conseguem gerar descendentes ao mesmo tempo em que chama a atenção para que este fenômeno apesar de ter sido observado em seu trabalho é bastante raro. É evidente que estes aspectos se tratam apenas de conjecturas, tendo em vista a necessidade de um aprofundamento maior e técnicas de investigação que só podem ser comprovadas através das técnicas de genética molecular, mas que por questões de tempo e recursos este trabalho não pode lançar mão.

**Figura 7** – Distribuição dos principais biomas brasileiros



Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

No domínio do Cerrado ou Savana Tropical Estacional (COUTINHO, 2016), seus fragmentos remanescentes na região amostrada, caracterizam-se por Cerradões, Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Campos Sujos (Figura 5), Matas de Galeria e Matas Secas (SANO, ALMEIDA e RIBEIRO, 2008), esta última por sua vez se confundindo com a Floresta Estacional Semidecidual.

**Figura 8** – Fitofisionomia de Campo sujo localizada entre os atuais municípios de Aparecida D'Oeste e Suzanápolis - SP no ano de 1945



Fonte: Próprio Autor, doada pelo Sr. José Caneca.

Estas fitofisionomias estão intimamente ligadas a fatores edáficos como fertilidade do solo, teor de alumínio e grau de saturação do solo e modificações pelo fogo e corte, enquanto que as savanas africanas têm suas fitofisionomias mais ligadas a fatores climáticos e as espécies de herbívoros que a habitam. Sabe-se muito pouco sobre a flora do Cerrado brasileiro, nem mesmo o número exato de espécies é conhecido, tão pouco suas áreas de ocorrência (SOUZA et al., 2018). Sua origem provavelmente remonta a 10 milhões de anos após a separação dos continentes (LEHMANN, 2014), ou seja, a formação vegetal se processou milhões de anos após a formação dos solos. As árvores geralmente possuem troncos retorcidos, casca espessa muitas vezes marcada com carvão devido à passagem do fogo, que de forma natural faz parte da dinâmica do mesmo, as folhas das plantas geralmente apresentam aspectos coriáceos e com grande quantidade de ceras garantindo uma melhor defesa a perda de umidade e a intensa exposição ao sol.

A Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Estacional Densa Semidecídua ou ainda Floresta Mesófila (COUTINHO, 2016), é classificada como sendo uma fitofisionomia do bioma Mata Atlântica. Este domínio (AB'SÁBER, 2012), possui hoje, na região amostrada, alguns fragmentos remanescentes nas duas margens do Rio Paraná. Cabe destacar que no processo de ocupação destes locais o domínio da Mata Atlântica perdeu entre 85% a 92% de sua área original, sua redução assim como a redução do Cerrado, implica perda de biodiversidade, perda de ecossistemas, populações, variabilidade genética, espécies e desta forma dificultando a compreensão de processos ecológicos evolutivos desta diversidade (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005).

Um fator de grande relevância para a formação das áreas de contato entre os biomas Mata Atlântica e o Cerrado são os períodos glaciais e consequentemente as mudanças climáticas que afetaram a América do Sul, conforme o clima mudava áreas de cerrado adentravam áreas de mata atlântica, e em outros momentos, o movimento se dava ao contrário (SILVA, 1995), este processo de certa forma permitiu e provavelmente contribuiu, para a seleção de espécies que de certa forma possuíam elementos genéticos e morfológicos capazes de enfrentar estas mudanças climáticas. Desta forma, pode-se compreender a importância do estudo de espécies que compõem estas áreas de ecótonos, e assim compreender o processo evolutivo destas espécies e seus respectivos mecanismos de especiação.



**Figura 9** – Floresta Estacional Semidecidual registrada em 1945 e nos dias atuais na mesma estrada no município de Suzanápolis SP



Fonte: Próprio Autor, doada pelo Sr. José Caneca. Fonte: Próprio Autor.

A Floresta Estacional Semidecidual (Figura 9) caracteriza-se por possuir um clima tropical, temperaturas médias por volta dos 25°C e uma precipitação média por volta de 1380 mm anuais, características estas somadas com duas estações bem definidas, uma parte do ano com clima quente e chuvoso e outra com um inverno muito seco. Apresenta um dossel florestal com uma altura entre 15 e 20 m, mas com exemplares atingindo alturas de até 30 m (MARTINS, 2012), fato este que pode ser visivelmente confirmado quando se realiza o levantamento dos indivíduos e das populações de *P. pubescens*. Este tipo de floresta como segue um ritmo sazonal, parte das árvores que compõem o dossel perdem entre 20% e 50% das folhas, liberando mais luz para o sub-bosque e da mesma forma que libera uma grande quantidade de serapilheira, este último um fato de grande relevância para a fertilidade do solo. Coutinho (2016) destaca que o acúmulo de folhas nessas florestas pode chegar a 8,6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, liberando algo em torno de 450 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de macronutrientes ao solo.

É importante destacar que foi observado no caso da *P. pubescens* durante este trabalho, que esta serapilheira em ambientes florestais, também atua como guardião do banco de sementes da espécie, preservando estas no solo por mais tempo. Este aspecto parece de importância no processo reprodutivo da sucupira em ambiente natural, visto que apresenta muitos regenerantes nestes locais, da mesma forma acredita-se que este período em que as sementes e os frutos da árvore ficam



depositados na serrapilheira os mesmos passam por uma forma de “maturação” para germinação posterior, muito provavelmente para decomposição de seus óleos essenciais que protegem a semente dentro do fruto para que eclodam em tempos mais favoráveis.

Dentro dos domínios dos biomas brasileiros muito pouco se tem estudado sobre os contatos das populações nestas áreas de transição (AB’SÁBER, 2012), especialmente nas regiões de ecótonos entre o Cerrado e a as áreas de Mata Atlântica que compõem a Bacia do Paraná, assim como as relações que se processam entre estas populações e as espécies que as compõem. Ao se olhar para uma representação cartográfica que aborda os domínios dos biomas brasileiros, quase sempre a idéia que se tem é de que a vegetação, assim como os animais estão condicionados a apenas aquela determinada circunscrição, não possuindo uma capacidade de se locomover ou correlacionar-se com o ambiente vizinho, porém o próprio ambiente que se forma entre o contato destes “biomas” muitas vezes produz um ambiente novo, com espécies peculiares, ocorrendo uma troca de características que muitas vezes são traduzidas em características fenotípicas específicas, mesmo em espécies de ampla ocorrência, permitidas pela plasticidade genética de cada espécie.

Nesta área de ecótono situada as margens do Rio Paraná entre o Bolsão Sul Mato Grossense e o Noroeste Paulista encontram-se várias espécies que por comporem este ambiente se beneficiam destas condições as quais sugerem permitir vários processos evolutivos e de hibridização (MUNIZ et al., 2022), o fato destas áreas serem uma região de “fronteira” fitogeográfica faz com que as mesmas atuem como uma espécie de barreira de isolamento entre alguns indivíduos, a própria calha do rio nos permite pensar se a troca de material genético entre os indivíduos de *P. pubescens* ainda ocorre.

### **3.4 Definição espacial e histórica da ocupação e supressão da vegetação no Noroeste Paulista e Bolsão Sul Mato Grossense.**

É interessante se observar que muitas vezes a questão da delimitação espacial de uma área ou região está intimamente ligada aos aspectos históricos, sociais, geográficos e ambientais. Isto não é diferente no que tange ao nosso universo

amostrado, tanto o Noroeste paulista que compreende as mesorregiões de São José do Rio Preto e Araçatuba e o Bolsão Sul-mato-grossense que localizado na mesorregião Leste do Estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 1990), possuem em sua constituição diferentes estruturas espaciais resultantes da dinâmica da sociedade sobre um suporte territorial. Assim pode-se de um ponto de vista teórico metodológico compreender o espaço regional abordado como ocorrência de uma mesma paisagem cultural e ambiental, ou seja, uma região-paisagem (CORRÊA, 1997), deve-se então compreender o espaço amostral abordado como sendo resultado de um processo de alteração no estado natural em uma paisagem artificial. Assim a outrora floresta e o cerrado se transformam em pastagens para o gado ou lavouras de eucalipto e cana de açúcar dos tempos atuais.

Considerando então esta transformação do espaço natural por volta de 1850, o Noroeste Paulista e intimamente ligado a este, o Bolsão Sul Mato Grossense, encontravam-se praticamente intocados. Não é raro encontrar citações que descrevem a região como um imenso “deserto” verde (COSTA, 1996). Para Monbeig (1984) por volta de 1870 os planaltos e florestas do Oeste paulista eram ocupados em sua maioria por populações indígenas e se mostravam como sendo um espaço pouco conhecido até então. Cabe destacar que o processo de ocupação desta região deu-se por intermédio de duas frentes, uma que partia da região central do Estado de São Paulo e rumava no sentido às margens do Rio Paraná e outra que se originou do Sudoeste goiano e do então Estado de Mato Grosso com destino as margens opostas do referido Rio (Figura 7). Seixas (2003) chama atenção para que em 1892 uma expedição de sertanistas partindo de Santana do Paranaíba, hoje Paranaíba MS, desceram de canoa parte do Rio Paraná e adentraram o Rio São José dos Dourados até onde era possível sua navegação e munidos de machadeiros e foiceiros, abriram por dentre os campos e matas uma picada até o então Porto Taboado.



ocupação deste local do Estado ocorre tardiamente depois da segunda metade do século XX (1950), fato diferente da região do Bolsão Sul Mato Grossense que já contava com fazendas de gado por volta de 1910. Cabe destacar também que os solos desta região do Estado assim como o encontrado no Bolsão Sul Mato Grossense não possuíam grande aptidão para a cafeicultura como as antigas regiões produtoras de Ribeirão Preto, Jaboticabal, Araraquara etc.

Sendo a paisagem moldada pelo reflexo da ocupação humana como já fora demonstrado, pode ser indagado então sob qual forma era composta a vegetação destas regiões. Bem é fato que estas áreas eram cobertas pelo Cerrado e pela Mata Atlântica. Tem-se na Figura 11, uma ideia de como era a cobertura vegetal no Estado nos anos de 1910, nela observa-se a completa cobertura de campos e florestas no Oeste Paulista.

Com o avanço populacional rumo às margens do Rio Paraná os campos e florestas que ali existiam aos poucos começaram a desaparecer, este fato provocou algo inusitado para a região a falta de madeira para construção civil bem como uma maior valorização pelo produto madeireiro. Monbeig (1984) aponta que a região noroeste paulista ou Alta Araraquarense, como também era chamada, possuía florestas com potencial madeireiro bem inferior a outras áreas da “franja pioneira”, destaca que o empobrecimento da vegetação e a pobreza dos solos da região caminham juntos. Além de campos savânicos nas regiões de terras compostas por arenito Botucatu, chama a atenção para uma formação vegetal relativamente fechada chamada pelos colonos de “campos sujos” ou “campos cerrados”, nos quais destaca a intrínseca relação com o fator climático no desenvolvimento desta interação. Porém com a falta de madeira chamada de primeira linha (cedros, cabriúva, peroba etc.) e a crescente demanda por madeira de forma geral, seja para construção civil, fonte de energia ou para a construção de ferrovias, este produto passou a ter um valor muito maior no processo de colonização, assim as outrora florestas que não despertavam interesse comercial na Alta Araraquarense passaram a despertar interesse.







**Figura 12 – Exploração de madeira no entorno do Município de Pereira Barreto – 1950**



Fonte: Próprio Autor (fotos doadas pelo Sr. José Caneca)

É importante ressaltar que o uso da madeira no Oeste Paulista e no Bolsão Sul Mato Grossense foi fundamental para a ocupação destas áreas, era com ela que se construíam as casas, pontes, currais, armazéns e funcionava como única fonte de combustível na cozinha dos habitantes destas regiões. Cabe pontuar que a vegetação local, pela falta de conhecimento fitogeográfico e pedológico, servia como uma espécie de indicativo da qualidade do solo e a aptidão do mesmo (RAWITSCHER, 1944). No planejamento do loteamento da Fazenda Paget no entorno do que hoje está o município de Santa Fé do Sul, este critério foi utilizado pela Companhia de Agricultura, Imigração e Colonização (CAIC), empresa estatal, para indicação das cultivares a serem implantadas bem como o valor a ser atribuído aos lotes a serem comercializados:

Área e qualidade das Terras: Com os dados fornecidos, a gleba possui 32.000 alqueires paulistas, ...

As terras podem ser classificadas como segue variando entre argilo-silicosa em sua maioria e grandes manchas de terras roxas nas vertentes dos rios Paraná e Grande.

Assim temos:

40% de primeira – para plantio de café, cana e outras culturas, nos espigões e nas fraldas para as margens dos rios Paraná e Grande. Vestimento: Pau d'alho, cabreúva, cedro, peroba, marinho etc.

20% de segunda – própria para cereais, algodão e outras, situada na parte média entre os espigões e os córregos. Vestimento: aroeira, faveiro, angico, jatobá, figueira, ipê, amendoim etc.

40% de terceira – campos nativos, cerradões, várzeas, banhados, barrocas, fraldas dos córregos, grotas, pedras etc... (COMPANHIA DE AGRICULTURA, IMIGRAÇÃO E COLONIZAÇÃO – CAIC, 1946, fls. 03)

Com este relato observa-se o quão importante era o conhecimento sobre as espécies da região no intuito de promover a caracterização e uso do solo, entender a distribuição das mesmas era fundamental para a implantação de lavouras e constituição dos novos lotes. Neste contexto se insere a *P. pubescens* como uma espécie de região com solos descritos como aptos a lavouras de algodão e cereais, gerando vultosas quantias de capital, contudo com a forma que se deu sua exploração implicando uma rápida destruição do meio ambiente.

Este movimento tardio que se processou no Bolsão Sul Mato Grossense e no Oeste do Estado Paulista, trata-se de um movimento histórico complexo de crescimento de capital e destruição do meio ambiente (ANDRE in MARTINEZ, 2007), assim é possível traçar as relações entre a expansão da “frente pioneira” e a degradação dos biomas da região.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Áreas de levantamento

Neste trabalho foram amostradas três populações naturais de *Pterodon pubescens*, uma localizada no Noroeste Paulista e duas localizadas no Bolsão Sul Mato Grossense sendo que uma destas localizada na divisa com o Estado de Goiás no município de Lagoa Santa. O clima destas regiões é classificado como tropical (Aw) com temperatura média em torno de 24°C e precipitação de 1350 mm (ALVARES, et. al. 2013). A área de levantamento e demarcação das matrizes de *P. pubescens*, que se localizam na parte paulista está próxima as margens do Rio São José dos Dourados entre os municípios de Aparecida D'oeste, SP e Suzanápolis, SP denominada POP-APO. Nesta população foram georreferenciadas 40 árvores matrizes inseridas em áreas de pastagem, lavoura de cana-de-açúcar e em remanescentes florestais. Os dois municípios em questão são limítrofes possuindo características climáticas semelhantes com altitude em torno de 350 a 400 metros, assim como solo, vegetação e pluviosidade. No Bolsão Sul Mato Grossense foram amostradas e georreferenciadas duas populações uma mais próxima ao Rio Paraná e conseqüentemente vizinha ao Estado de São Paulo no município de Selvíria. Nesta população foram catalogadas 40 árvores matrizes em uma propriedade rural conhecida por Fazenda Colina, próxima a BR-158 que liga Três Lagoas a Selvíria, denominada POP-SEL. A outra população amostrada no Estado de Mato Grosso do Sul fica localizada na divisa deste Estado com o Estado de Goiás, entre os Municípios de Paranaíba – MS (São João do Aporé, MS) e de Lagoa Santa, GO denominada POP-LAS. Estes municípios são separados pelo rio Aporé. Nesta foram marcadas 54 árvores matrizes, também em uma propriedade rural denominada Fazenda Vale Florido próximo a rodovia MS-431 e às margens do Rio Aporé.

### 4.2 Equipamentos e análises aplicados

Em todas as populações somente foram amostradas matrizes em idade reprodutiva. Foram mensurados o diâmetro a altura do peito (DAP); altura total (HTO); altura comercial (HCO); diâmetro médio da copa (DMC) e em todas as matrizes foi coletada uma amostra de solo a 20 cm de profundidade. O DAP foi mensurado com



o auxílio de uma fita métrica comum, já a HTO, HCO e o DMC foram obtidos por meio de um hipsômetro Vertex IV o qual emprega impulsos ultrassônicos para auferir as medidas, evitando a necessidade de usar trena ou de limpar o sub-bosque para medir a distância até as árvores amostradas, sua mira permite medir com precisão altura de objetos de 0,1 a 999 metros a partir de distâncias de até 30 metros, (SANQUETTA, et al., 2014), capacidade suficiente para ser empregado nas matrizes selecionadas.

A partir dos dados obtidos para os caracteres quantitativos (Anexos de 1 a 3), obtidos em cada uma das populações e para uma população total, considerando a união das três (ALL), os mesmos foram transformados na distribuição Z, por meio da expressão:

$$Z = 3 + \left( \frac{X_{ij} - \bar{X}_{..}}{\sigma} \right) \quad (1)$$

Em seguida, na população total, foram classificados do menor para o maior valor. A distribuição de classes foi obtida com base nas estimativas para os parâmetros: amplitude de variação ( $A = \text{Maior Valor} - \text{Menor Valor}$ ), intervalo de classe ( $IC = 0,25 \cdot \sigma$ ) e número de classe ( $NC = A/IC$ ). A cada uma destas classes foi atribuído um genótipo ( $A_n A_n$ ). Dessa forma, o intervalo de variação, obtido na análise da população total, era utilizado nas populações individuais para se encontrar os genótipos em cada uma destas populações. Dessa forma, considerou-se os caracteres quantitativos: HTO, HCO, DAP e DMC como se fossem locos. Assim, foi possível estimar todos os parâmetros populacionais, a serem descritos no item 4.4, como se fossem obtidos de uma análise por marcadores moleculares.

### 4.3 Estimativas dos componentes de variância

As estimativas de correlações genéticas, fenotípicas e estatística geral foram obtidas após o processamento dos dados no modelo “105” por meio do *software* de acesso livre SELEGEN-REML/BLUP (Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos), desenvolvido por Resende (2016). Utilizou-se o modelo “16” para a avaliação de genótipos com os quais se estimou os parâmetros genéticos das populações com base em seus caracteres fenotípicos (RESENDE, 2007).

A divergência genotípica foi estimada pelo uso da distância estatística de Mahalanobis, tendo em vista a correlação entre os parâmetros amostrados, possuírem diferentes escalas e distribuição aproximadamente gaussiana em nível genotípico (D), com base em uma análise multivariada sendo  $x$  e  $y$  dois vetores da mesma distribuição, com matriz de covariância  $C$  a distância é dada pela equação (OLIVEIRA e MUNITA, 2014):

$$D = \langle (x-y)^T C^{-1} (x-y) \rangle^{1/2} \quad (2)$$

Esta distingue-se da distância euclidiana já que tem em conta as correlações do conjunto de dados.

O agrupamento de genótipos com homogeneidade/similaridade foi obtido pelo método de Tocher (RAO, 1952), com auxílio do modelo “104” do Selegen-REML/BLUP. O agrupamento de Tocher é um método de agrupamento na análise de dados, também conhecido como método de ligação completa. O objetivo deste método é agrupar objetos ou observações com base na distância máxima entre eles.

No agrupamento de Tocher, inicialmente cada objeto é considerado como um grupo separado. A cada passo, os grupos mais próximos são fundidos em um único grupo, até que todos os objetos estejam agrupados. A distância entre os grupos é calculada pela distância máxima entre dois objetos de grupos diferentes. Essa distância é chamada de distância de ligação completa, pois considera o maior valor de distância entre todos os pares de objetos dos grupos. O agrupamento de Tocher é adequado para identificar grupos compactos e bem separados. No entanto, ele pode ser sensível a outliers, o que é sensivelmente corrigido pela empregabilidade da distância estatística de Mahalanobis, pois a distância máxima é influenciada por valores extremos. A distância entre dois agrupamentos é calculada usando a seguinte fórmula:

$$D(C_i, C_j) = (1 / (n_i n_j)) \sum \sum d(x_i, x_j) \quad (3)$$

em que:  $D(C_i, C_j)$  é a distância entre os agrupamentos  $C_i$  e  $C_j$ ,  $n_i$  é o número de objetos (matrizes) no agrupamento  $C_i$  e  $n_j$  é o número de objetos no agrupamento  $C_j$ .  $d(x_i, x_j)$  é a distância entre os objetos  $x_i$  e  $x_j$  nos respectivos agrupamentos.

#### 4.4 Estimativas de componente genéticos

Para esta análise de *P. pubescens*, se propôs uma simulação, e para tal a utilização de marcadores morfológicos, ou seja, adotou-se a mensuração das características físicas ou fenotípicas observáveis da espécie, características estas que podem ser utilizadas para estabelecer relações de parentesco ou identificar determinados genes ou alelos – ou mesmo o conjunto dos mesmos que permitam identificar uma expressão de caráter específico. Os marcadores morfológicos são frequentemente utilizados em estudos de hereditariedade e genética de populações, principalmente quando não há disponibilidade de técnicas mais avançadas, como análise de DNA ou sequenciamento genômico. No entanto, eles também podem ser utilizados em combinação com outros tipos de marcadores, tais como marcadores moleculares ou genéticos, para obter uma análise mais completa e precisa (PIMENTEL, et. al. 2017).

Os marcadores morfológicos em genética têm várias vantagens, desde fácil identificação: são facilmente identificados visualmente e não requerem equipamentos sofisticados para detecção. Possuem um baixo custo efetivo, sendo geralmente mais baratos do que outros tipos de marcadores genéticos, como os marcadores moleculares. Ampla disponibilidade, pois são naturalmente presentes nas plantas e animais, o que significa que estão amplamente disponíveis e não exigem alterações genéticas ou técnicas de laboratório. Podem ser usados em uma ampla variedade de espécies diferentes, permitindo que os pesquisadores estudem e comparem características genéticas em várias linhagens evolutivas (TAMARIN, 2011). Estes marcadores ainda fornecem informações sobre características fenotípicas, como cor, tamanho, forma e outros traços visíveis, o que pode ser útil para a seleção de plantas com características desejáveis. Por fim eles são frequentemente neutros do ponto de vista genético, o que significa que não estão diretamente envolvidos com a expressão de genes ou a função de proteínas específicas. Isso permite que sejam usados para inferir informações sobre a história evolutiva das espécies ou para estudos de evolução molecular (GRIFFITHS, et. Al. 2001). No entanto, é importante ressaltar que

os marcadores morfológicos têm algumas limitações, como a possibilidade de influência do ambiente sobre as características morfológicas, a variação de expressão fenotípica dentro de uma mesma espécie e a necessidade de observações cuidadosas e padronizadas para garantir a precisão dos resultados.

Os marcadores morfológicos selecionados para *P. pubescens* dizem respeito à Altura Total (HTO), Altura Comercial (HCO), Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e Diâmetro Médio de Copa (DMC), com os quais, permite que sejam realizadas algumas simulações adotando para estes caracteres uma proporção mendeliana.

Com base na teoria de Mendel determinaram-se proporções específicas para estes caracteres como a frequência alélica e a frequência genotípica, dentro das populações e entre a população. Essas proporções mendelianas são baseadas em padrões de herança simples, onde uma característica é controlada por um único gene com apenas dois alelos (BRESINSKY, et. al., 2012). No entanto, em muitos casos, as características são influenciadas por vários genes ou fatores ambientais, o que pode alterar as proporções esperadas. Portanto, embora as proporções mendelianas sejam úteis para entender os padrões básicos de herança em genética, é importante lembrar que nem todas as características seguem essas proporções exatas (FUTUYMA, 2009). Assim para os caracteres adotados em *P. pubescens* para realização deste trabalho, embora adotada a proporção um gene com apenas dois alelos, e por se tratar de uma simulação, é provável que estas características, de um ponto de vista molecular, indiquem a atuação de vários outros genes para a expressão fenotípica amostrada. Embora levando-se em conta este problema, a proporção mendeliana permite prever as chances de herança de determinados traços genéticos em uma população, e também auxilia na compreensão e estudo de problemas genéticos, no melhoramento genético de plantas e animais, entre outras aplicações (GRIFFITHS, et. al. 2001). Em resumo, a proporção mendeliana serve para compreender e explicar a transmissão dos traços hereditários entre as gerações.

Para cada alelo foi proposto uma nomenclatura. Os alelos responsáveis para o caráter HCO foram denominados **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>**, **A<sub>3</sub>**, **A<sub>4</sub>**, **A<sub>5</sub>**, ..., **A<sub>n</sub>**; em que: n representa o número total de alelos relacionados a característica fenotípica abordada, esta nomenclatura também foi adotada para os demais elementos morfológicos: (**B<sub>n</sub>**) para HTO, (**C<sub>n</sub>**) para DAP e (**D<sub>n</sub>**) para o DMC.

Desta forma foram tomadas três populações compostas de 40 indivíduos para Aparecida D'oeste - SP, mesmo número para Selvíria – MS, 54 indivíduos para Lagoa

Santa – GO, totalizando 134 matrizes. Determinou-se os limites dos intervalos de classes entre os pares de alelos (diploide). Para isso, se dividiu a faixa de variação dos alelos em  $n-1$  intervalos, onde  $n$  é o número total de alelos. Desta forma também foi possível definir o intervalo de classes entre cada genótipo possível para cada elemento morfológico amostrado, assim como foi considerado para os cálculos de frequência as populações estarem em Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Logo para Frequência Alélica (gênica) geral:

$$f(A) = G_{AA} + (1/2)G_{Aa} = p \quad \text{e} \quad f(a) = G_{aa} + (1/2)G_{Aa} = q \quad (4)$$

E para Frequência Genotípica geral:

$$P(AA) = p^2; \quad P(aa) = q^2 \quad P(Aa) = 2pq \quad (5)$$

Tendo os valores da frequência gênica e genotípica, logo em seguida se calculou a heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e a heterozigosidade esperada ( $H_e$ ), com o objetivo de se compreender a diversidade genética da população (NEI, 1973).

As medidas de heterozigosidade são medidas de variabilidade genética de uma população. Elas podem ser calculadas a partir da frequência dos alelos em uma população e é usada para determinar a probabilidade de que dois alelos escolhidos ao acaso de um indivíduo sejam diferentes um do outro. Assim mensurar a diversidade genética é importante, uma vez que populações com maior heterozigosidade tendem a ter maior diversidade genética. Isto se torna importante uma vez que pode indicar a presença ou ausência de endogamia na população amostrada, onde populações endogâmicas têm menor diversidade genética e, conseqüentemente, menor heterozigosidade. Da mesma forma a heterozigosidade pode ser usada para inferir a taxa de evolução de uma população, uma vez que populações com maior heterozigosidade têm maior potencial para a evolução. Ela também pode ser usada para determinar a eficácia de estratégias de conservação em populações ameaçadas, onde populações com menor heterozigosidade podem ser mais vulneráveis à extinção.

Logo para calcular a  $H_o$  temos:

$$H_o = \frac{\text{n}^\circ \text{de indivíduos heterozigotos}}{\text{n}^\circ \text{total de indivíduos da população}} \quad (6)$$

Para a  $H_e$  temos:

$$H_e = 1 - \sum P_i^2 \quad (7)$$

Onde  $P_i$  é a frequência alélica do alelo  $i$  ( $A_1, A_2, A_n \dots$ ).

Outro parâmetro utilizado foi o índice de fixação ( $F_{st}$ ) de WRIGHT (1965) ou o coeficiente de endogamia, medida estatística usada para quantificar a diferença genética entre populações. Este foi estimado com base na heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e esperada ( $H_e$ ). Para tal:

$$F_{st} = 1 - \frac{H_o}{H_e} \quad (8)$$

Ainda no que tange aos indicadores genéticos a diversidade alélica entre populações com base na frequência alélica e com base na frequência genotípica foi possível mensurar a Diversidade alélica dentro das populações ( $H_s$ ) e a Diversidade alélica Total ( $H_T$ ). Ainda neste aspecto conforme Nei (1973) calculou-se a Diversidade alélica entre populações ( $D_{ST}$ ) dado pela expressão:

$$D_{ST} = H_T - H_s \quad (9)$$

A razão entre  $D_{ST}$  e  $H_T$  foi estabelecida através de Nei (1973) ( $G_{ST}$ ) e Hedrick (2005) ( $G'_{ST}$ ):

$$G_{ST} = H_T - H_s/H_T \quad (10)$$

e Hedrick;

$$G'_{ST} = \frac{Gst(1+Hs)}{(1-Hs)} \quad (11)$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracteres silviculturais

Com base nos valores fenotípicos acerca das estruturas de correlações entre os caracteres obtidos por meio da estatística geral ou básica, no programa “SELEGEN”, foi possível traçar entre as populações e dentro das populações componentes (Anexos 4 ao 7) como: Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT).

Os dados das médias permitem correlacionar os padrões florestais em que estas matrizes estão inseridas, ou melhor, na maioria dos casos em que tipos de fitofisionomia estas já fizeram parte (florestas, campos etc.), tendo em vista a acentuada ação antrópica na região de estudo. Quando se analisa estas variáveis isoladamente estas parecem pouco dizer, contudo ao compararmos estes números é possível através das diferenças entre suas populações inferir alguns elementos sobre a característica florestal da espécie em cada local.

**TABELA 1** – Médias por populações conforme valores fenotípicos mensurados

POPULAÇÃO	HTO (M)	HCO (M)	DAP (M)	DMC (M)
POP-APO	19,99	4,38	0,64	16,88
POP-SEL	21,04	7,31	0,74	15,54
POP-LAS	18,77	4,31	0,57	14,15
POP-ALL	19,81	5,23	0,64	15,38
<b>EFEITO WAHLUND</b>	<b>19,93</b>	<b>5,33</b>	<b>0,65</b>	<b>15,54</b>

HTO - Altura total, HCO - Altura Comercial, DAP – Diâmetro a Altura do Peito e DMC – Diâmetro médio da copa, em metros, para indivíduos das populações Aparecida D'Oeste SP (POP-APO), Selvíria MS (POP-SEL), Lagoa Santa GO (POP-LAS) e as três populações juntas (POP-ALL) .

Fonte: Próprio autor.

Os dados mostram árvores com maior proporção na POP-SEL, seguida pela POP-APO e POP-LAS respectivamente. Tomando como divisor a calha do Rio Paraná e a geografia proposta para a região pela teoria dos Refúgios Florestais observa-se que as matrizes POP-SEL participavam de uma vegetação de mata de galeria onde a concorrência com outras espécies florestais as obrigava a buscarem uma altura



maior em busca de luz, conseqüentemente para sua sustentação possuem um DAP maior que a média, é claro que este fator também se liga a característica do solo mais rico das proximidades com o Rio Paraná. A POP-APO por sua vez demonstra-se intermediária nos caracteres HTO, HCO e DAP em relação as demais populações, salvo para o carácter DMC que apresenta a maior média. Estes elementos somados direcionam para uma característica de transição de vegetação entre matas de galeria próximas as calhas do Rio São José dos Dourados e o cerrado que ocupava as áreas, ou seja, matas secas, cerradão e o cerrado denso. Um diâmetro de copa maior sugere uma competição menor no dossel florestal, ao mesmo tempo que seu DAP em torno da média geral entre as populações resulta da necessidade de se manter uma copa maior. Para a POP-LAS temos as menores médias sugerindo a composição de uma vegetação de cerradão e cerrado denso. Não obstante não devemos esquecer que esta vegetação atual é resultado do contato entre Cerrado e a Mata Atlântica e que também é uma construção das condições evolutivas advindas do final do Pleistoceno, há 11 mil anos atrás (AB'SABER, 1977), entre a Caatinga e o Cerrado e que, se caracterizam pelas mudanças bruscas nos mosaicos climáticos e ecológicos, e no qual o ambiente savânico expandia-se para além do planalto paulista rumo ao litoral nos períodos frios e secos da última era glacial.

Outro fator que pode ter influenciado neste aspecto é o tipo do solo, contudo a região da POP-SEL possui Latossolo vermelho – amarelo enquanto que as populações amostradas na POP-APO e POP-LAS localizam-se em áreas de Latossolos vermelho – amarelos e algumas partes de Neossolos Quartzarênicos no primeiro caso, e, Latossolo vermelho no segundo. O fato é que estes solos são muito parecidos em sua origem e composição, consistem em solos muito arenosos com pouca matéria orgânica, sugerindo que este pouco influencia nos elementos HTO e HCO, estando, portanto estas mais condicionadas aos fatores fitogeográficos, como por exemplo temperatura, umidade, taxa pluviométrica etc.

Por se tratar de uma simulação, cabe aqui se fazer uma ressalva, ao se abordar as populações, que a média das populações subdivididas (isoladas), portanto sua variabilidade genética é maior. Porém, sua média é menor que a média das três populações isoladas, em função da adaptação que estas populações estiveram em cada local (WAHLUND, 1928). Esta diferença entre as médias é conhecido como efeito Wahlund, este efeito é um desafio comum em estudos genéticos e não pode ser completamente eliminado, assim foi importante levar em consideração as

diferentes subpopulações presentes, bem como a idade, a origem geográfica dos indivíduos analisados e analisar as populações separadamente, a fim de identificar possíveis diferenças nas frequências alélicas entre elas.

Outro aspecto bastante relevante apontado para os caracteres mensurados pelos resultados (Tabela 2), diz respeito ao agrupamento de Tocher, indicando grupos compactos e bem separados quando analisada a população como um todo (134 matrizes). No entanto, ele pode ser sensível a outliers, pois a distância máxima é influenciada por valores extremos. Assim no sentido de correção destes valores extremos ou atípicos, a empregabilidade da distância de Mahalanobis é bastante eficaz.

**Tabela 2** – Formação de grupos com base no método de aglomeração: Agrupamento de Tocher com base nos caracteres silviculturais: altura total (HTO), altura comercial (HCO), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC, m) em três populações - POP-APO, POP-SEL e POP-LAS em 2021

GRUPO	QUANTIDADE DE MATRIZES	MATRIZES
I	117	2 3 4 5 6 7 8 9 13 14 15 17 18 19 24 25 26 27 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 50 51 52 54 55 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134
II	6	1 10 56 70 89 106
III	5	11 12 20 21 22
IV	2	29 49
V	2	16 53
VI	1	23
VII	1	28

Fonte: Próprio autor.

Este agrupamento consiste em análises de grandezas vetoriais que possuem magnitude e direção, ou melhor, neste caso elementos fenotípicos, representados por medidas escalares traduzidos em seus vários representantes: HTO, HCO, DAP e DMC, que partem de um determinado ponto de referência, neste caso uma determinada planta matriz buscando a menor diferença ou distancia desta em relação a matriz. O resultado foi a originação de 7 Grupos, sendo o Grupo I o que comporta o maior número de indivíduos similares 117 ao todo.

É importante mencionar que do indivíduo 01 até 40 trata-se da POP-APO, do 41 ao 80 POP-SEL e por fim do 81 até o 134 POP-LAS. Assim ao tomar-se os demais grupos que apresentam árvores com características distintas em indivíduos isolados é a POP-APO (11 matrizes), seguida por POP-SEL ( 4 matrizes) e POP-LAS (2 matrizes).

Estes dados sugerem que a população POP-APO possa possuir uma maior riqueza alélica, ou seja, uma maior diversidade genética e, teoricamente, maior será a diversidade fenotípica e genotípica dentro desta população. Isto é apenas hipotético tendo em vista que estes dados se baseiam em uma simulação em caracteres mendelianos, carecendo de uma análise molecular, não sendo possível mensurar elementos como interações genéticas, influência do ambiente e regulação gênica.

Correlacionando a ocupação e distribuição de *Pterodon pubescens* nas regiões amostradas com a Teria dos Refúgios Florestais com a Tabela 2 é bem possível que esta espécie tenha herdado parte de sua diversidade alélica do processo de seleção ocorrido neste período entre o Plioceno Superior e o Pleistoceno algo entre 2 á 3,6 milhões de anos atrás, período no qual a América do Sul já tinha passado pela fase principal do soerguimento dos Andes e principalmente marcado pelas bruscas mudanças nos mosaicos climáticos e ecológicos (AB'SABER, 1977). Estas mudanças levaram aos avanços e retrações de biomas no interior do continente, forçando as espécies a passarem pela seleção e especiação decorrentes deste processo. Autores como Ab'Saber (1977), Viadana e Cavalcanti (2006) chamam a atenção para que no final do período do Pleistoceno (18 a 11 mil anos) tinha fim no continente Sul Americano a última Era do Gelo, ou seja, vastas áreas de cerrado e caatinga que ocupavam regiões do atual Estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Com o aumento das temperaturas e da umidade, começaram a ceder espaço para uma vegetação mais densa, dando origem a Floresta Estacional Semidecidual, a partir dos

núcleos de matas de galeria existentes. Esta vegetação que apesar de caracterizada como Mata Atlântica tem sua origem através do contato dos cerrados, caatingas mais as matas de galeria que banhavam os rios da região no período Pleistocênico.

Ao aceitarmos a teoria proposta por Viadana e Cavalcanti sobre a existência de refúgios florestais associada com as mudanças climáticas entre o Plioceno Superior e o Pleistoceno, temos uma ideia do processo de especiação que as diversas espécies passaram, principalmente as espécies vegetais. Isso não foi diferente com *Pterodon pubescens*, ou melhor, com o gênero *Pterodon* que tem como provável ponto de irradiação as áreas de cerrado do Brasil Central. Este gênero provavelmente colonizou a América do Sul nas áreas de caatinga e cerrado e conforme o clima se alterava estes domínios fitogeográficos eram modificados, esta pressão seletiva contribuiu para o surgimento das quatro espécies do gênero no Brasil. É importante ressaltar que ambas as espécies do gênero ainda possuem contato com o bioma Cerrado, e este é um fato que indica o recente processo de especiação para as espécies. Fato comprovado pela produção de híbridos entre *Pterodon emarginatus* e *Pterodon pubescens*, conforme identificado por Rocha (2006).

## 5.2. Caracteres genéticos

Darwin propôs em sua teoria uma história evolutiva explicando a origem das várias espécies, inclusive de tentilhões nas Ilhas Galápagos a partir de um ancestral vindo da América do Sul, muitos anos depois, sabe-se que a diferença observada de um milímetro no tamanho do bico destes animais é suficiente para definir uma nova espécie de tentilhão (WEINER, 1995). No mais amplo conceito darwinista a evolução está baseada na variação das características dos organismos, dentro das populações, entre as populações e as espécies.

A evolução de uma espécie se manifesta de várias maneiras nas diferentes formas de vida e nos meios em que elas habitam, assim ocorre com *P. pubescens*. Estas manifestações podem ser fruto de inúmeros elementos como, a diversidade de espécies, onde, a evolução leva à formação de novas espécies ao longo do tempo. Ocorrendo através da especiação, no qual populações isoladas se diferenciam geneticamente e se tornam incapazes de se reproduzir entre si. Isso pode levar à formação de novas espécies com características distintas (FUTUYMA, 2009).

Outra forma de se manifestar é a adaptação. Desta forma o processo evolutivo também resulta na adaptação das espécies ao seu ambiente. Através da seleção natural, as características que são vantajosas para a sobrevivência e reprodução de um organismo são selecionadas e transmitidas para as gerações futuras (WILLIS, 2002). Essas adaptações podem ser físicas, comportamentais ou fisiológicas e ajudam os indivíduos a ocupar tipos de solos diferentes, resistir á predadores e sobreviver em geral (FUTUYMA, 2009 e TAMARIN, 2011).

As mudanças genéticas também interferem no processo evolutivo. A evolução ocorre através de mudanças no material genético de uma população ao longo do tempo. Essas mudanças podem ocorrer devido a mutações aleatórias, recombinação genética durante a reprodução sexual e migração de genes entre diferentes populações. Essas mudanças genéticas são à base da variabilidade nas populações e fornecem o campo fértil para a seleção natural atuar (PIMENTEL, et. al. 2017).

Uma das manifestações mais notáveis da evolução é a presença de características homólogas em diferentes espécies. Características homólogas são aquelas que apresentam semelhanças estruturais, mesmo que tenham funções diferentes. Isso sugere que essas características são derivadas de um ancestral comum e foram modificadas ao longo do tempo para atender às necessidades específicas de cada espécie (GRIFFITHS, et. Al. 2001). A evolução também deixa vestígios na forma de estruturas ou características que não têm mais uma função útil, mas que são semelhantes a estruturas que têm uma função em outras espécies. Esses vestígios são chamados de estruturas vestigiais e são evidências do processo evolutivo (WILLIS, 2002). Essas são apenas algumas das maneiras pelas quais a evolução se manifesta. A variedade de formas de vida que vemos hoje e as adaptações notáveis que elas apresentam são evidências da ação contínua da evolução ao longo do tempo.

Feitas estas considerações foi observado um número médio de 6,25 alelos distintos por característica amostrada a um nível de significância de 5%, número não muito distante aos 6,9 encontrados por Sousa (2020), que trabalhou com marcadores moleculares para *P. emarginatus* em 13 populações no Estado de Goiás.

**Tabela 3** – Frequência de alelos por caráter e população para o equilíbrio de Hardy-Weinberg

		FREQUÊNCIA DO ALELO						N*	
LOCO	POPULAÇÃO	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>		
HCO	APO	0,288	0,300	0,175	0,025	0,088	0,125	40	
	SEL	0,287	0,312	0,087	0,100	0,137	0,075	40	
	LAS	0,287	0,306	0,120	0,102	0,120	0,065	54	
	POP-ALL**	0,340	0,198	0,164	0,101	0,097	0,104	134	
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>		
HTO	APO	0,150	0,300	0,163	0,075	0,163	0,150	40	
	SEL	0,125	0,250	0,337	0,112	0,087	0,087	40	
	LAS	0,139	0,287	0,176	0,167	0,120	0,111	54	
	POP-ALL	0,142	0,284	0,194	0,138	0,104	0,138	134	
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>		
DAP	APO	0,075	0,250	0,275	0,175	0,163	0,063	40	
	SEL	0,087	0,250	0,275	0,137	0,137	0,112	40	
	LAS	0,093	0,222	0,315	0,120	0,111	0,139	54	
	POP-ALL	0,086	0,243	0,239	0,187	0,142	0,112	134	
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	
DMC	APO	0,100	0,363	0,150	0,138	0,113	0,050	0,088	40
	SEL	0,075	0,387	0,225	0,125	0,075	0,075	0,037	40
	LAS	0,120	0,315	0,194	0,093	0,093	0,056	0,130	54
	POP-ALL	0,108	0,343	0,198	0,086	0,104	0,071	0,090	134

Obs. \*N corresponde ao número de indivíduos amostrado por população. \*\*POP-ALL corresponde a todos os indivíduos amostrados

Fonte: Próprio autor.

A frequência alélica se refere à frequência em que um alelo específico ocorre dentro de uma população. Ela serve como uma medida quantitativa fornecendo informações sobre a variabilidade genética de uma população em particular. Ainda com base nos dados da frequência alélica logo foi possível calcular a frequência genotípica.

No que tange as medidas de heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) estas por loco apresentaram valor médio de 0,793, sendo o menor valor 0,765 obtido para o loco DMC da população POP-SEL, e o maior 0,826 do loco DAP da mesma população, Sousa (2020), encontrou o valor de 0,729 para 13 populações analisadas. Para a heterozigosidade observada  $H_o$  o valor médio ficou em 0,771, tendo o maior valor, 0,833 para o loco DMC da população POP-LAS e menor de 0,675 para DAP da POP-SEL. A população POP-LAS apresentou o maior índice  $H_e$  médio entre as três populações, 0,801, enquanto o menor de 0,787, ficou a cabo da POP-SEL.

**Tabela 4** – Heterozigosidade observada  $H_O$ ; Heterozigosidade esperada  $H_E$  para o equilíbrio de Hardy-Weinberg por população isolada e considerando todos os indivíduos como uma única população (POP-ALL), onde: **A** é o número de alelos por loco e **F** é o índice de fixação

POP-APO	A	$H_O$	$H_E$	F
HCO	6	0,825	0,773	-0,068
HTO	6	0,75	0,807	0,07
DAP	6	0,775	0,795	0,026
DMC	7	0,825	0,794	-0,039
MÉDIA	6,25	0,794	0,792	-0,003
POP-SEL	A	$H_O$	$H_E$	F
HCO	6	0,825	0,778	-0,061
HTO	6	0,775	0,78	0,0064
DAP	6	0,675	0,826	0,183
DMC	7	0,75	0,765	0,02
MÉDIA	6,25	0,756	0,787	0,037
POP-LAS	A	$H_O$	$H_E$	F
HCO	6	0,741	0,781	0,051
HTO	6	0,778	0,813	0,043
DAP	6	0,704	0,797	0,117
DMC	7	0,833	0,812	-0,027
MÉDIA	6,25	0,764	0,801	0,046
POP-ALL	A	$H_O$	$H_E$	F
HCO	6	0,776	0,796	0,025
HTO	6	0,769	0,813	0,054
DAP	6	0,754	0,824	0,086
DMC	7	0,821	0,800	-0,026
MÉDIA	6,25	0,780	0,808	0,035

Fonte: Próprio autor.

A diversidade genética ou alélica ( $H_S$ ) dentro de uma população refere-se à variação dos genes presentes entre os indivíduos que a compõem. Essa diversidade genética é crucial para a evolução das espécies, pois permite que a população possua diferentes combinações genéticas que podem ser selecionadas em resposta a mudanças ambientais e pressões seletivas. A seleção natural desempenha um papel importante na diversidade genética dentro de uma população. Indivíduos com certos

alelos podem ter maior vantagem adaptativa em um determinado ambiente, levando ao aumento da frequência desses alelos na população ao longo do tempo, e é neste sentido que as mudanças climáticas ocorridas no final do Pleistoceno devem ter agido, contribuindo para selecionar alelos que tolerassem as novas condições. No entanto, a seleção natural também pode manter diferentes variantes genéticas na população, dependendo do contexto ambiental.

Conforme a tabela 5 que compara esta diversidade alélica entre populações, o valor de maior significância ao se comparar as medias alélicas entre a população manifesta-se entre as populações de POP-APO e POP-LAS: 0,7977, seguida por 0,7935 entre POP-LAS e POP-SEL e 0,7880 de POP-APO e POP-SEL respectivamente. Quando analisada os indivíduos destas populações como uma única a maior riqueza encontra-se para o loco HTO com 0,8100 (Tabela 6). A diversidade genética também tem implicações para a evolução das espécies. Quanto maior for a diversidade genética, mais chances existem de ocorrerem mutações vantajosas, o que pode levar ao surgimento de novas características e à evolução de novas espécies ao longo do tempo.

Nei (1973) afirma que a diversidade genética dentro de uma população é afetada por três principais fatores: mutação, deriva genética e fluxo gênico. Nei também introduz o conceito de número efetivo de genes, que é uma medida da diversidade genética de uma população. Quanto maior o número de genes efetivos, maior será a diversidade genética ( $G_{ST}$ ) da população. Em resumo, a teoria de Nei propõe que a diversidade genética de uma população é determinada pela taxa de mutação, deriva genética (mudanças aleatórias na frequência dos genes) e fluxo gênico (movimentação de genes entre populações). Estes fatores influenciam diretamente o número efetivo de genes e, conseqüentemente, a diversidade genética de uma população. Com base em Nei (1973) é calculado o índice de diversidade genética, dada por  $G_{ST}$  (Tabela 5 e 6). Esse índice é uma medida da heterozigosidade, ou seja, a diversidade genética em termos de combinação de alelos diferentes. Quanto maior o valor de  $G_{ST}$ , maior é a diversidade genética. Assim temos o maior valor para diversidade entre as populações POP-APO e POP-SEL, 0,0063, seguida por 0,0043 de POP-LAS e POP-SEL e a menor de POP-APO e POP-LAS de 0,0038. O valor de  $G_{ST}$  varia de 0 a 1, onde 0 indica nenhuma diversidade alélica (todos os indivíduos têm os mesmos alelos) e 1 indica a máxima diversidade alélica (todos os alelos são diferentes na população). Valores mais altos de  $G_{ST}$  indicam maior



variabilidade genética na população, enquanto valores mais baixos indicam menor variabilidade.

**Tabela 5** – Média da diversidade alélica dentro de populações ( $H_S$ ), diversidade alélica total ( $H_T$ ), diversidade alélica entre populações ( $D_{ST}$ ), razão entre  $D_{ST}$  e  $H_T$ , com base em Nei (1973) ( $G_{ST}$ ) e Hedrick (2005) ( $G'_{ST}$ ) em populações naturais de *Pterodon pubescens*, para quatro locos quantitativos: HCO, HTO, DAP e DMC.

POP	PAR	LAS					SEL				
		HCO	HTO	DAP	DMC	$\hat{m}$	HCO	HTO	DAP	DMC	$\hat{m}$
APO	$H_S$	0,7773	0,8101	0,7962	0,8071	0,7977	0,7752	0,7933	0,7995	0,7839	0,7880
	$H_T$	0,0033	0,0030	0,0035	0,0022	0,0030	0,0046	0,0112	0,0012	0,0027	0,0049
	$G_{ST}$	0,0043	0,0037	0,0043	0,0027	0,0038	0,0059	0,0141	0,0015	0,0035	0,0063
	$G'_{ST}$	0,0342	0,0350	0,0382	0,0251	0,0331	0,0469	0,1222	0,0132	0,0288	0,0528
LAS							HCO	HTO	DAP	DMC	$\hat{m}$
	$H_S$	-	-	-	-	-	0,7793	0,7988	0,7998	0,7961	0,7935
	$H_T$	-	-	-	-	-	0,0004	0,0079	0,0010	0,0044	0,0034
	$G_{ST}$	-	-	-	-	-	0,0005	0,0099	0,0012	0,0056	0,0043
	$G'_{ST}$	-	-	-	-	-	0,0039	0,0883	0,0112	0,0490	0,0381

Fonte: Próprio autor.

**Tabela 6** – Média da diversidade alélica dentro de populações ( $H_S$ ), diversidade alélica total ( $H_T$ ), diversidade alélica entre populações ( $D_{ST}$ ), razão entre  $D_{ST}$  e  $H_T$ , com base em Nei (1973) ( $G_{ST}$ ) e Hedrick (2005) ( $G'_{ST}$ ) em populações naturais de *Pterodon pubescens*, para quatro locos quantitativos: HCO, HTO, DAP e DMC. Considerando todos os indivíduos

POP	PAR	HCO	HTO	DAP	DMC	$\hat{m}$
ALL	HS	0,7620	0,8100	0,8000	0,7950	0,7918
	HT	0,7960	0,8170	0,8150	0,7990	0,8068
	GST	0,0420	0,0080	0,0170	0,0050	0,0180
	$G'_{ST}$	0,0620	0,0130	0,0260	0,0080	0,0273

Fonte: Próprio autor.

O método de Hedrick (2005) é outra abordagem para estimar a diversidade alélica ( $G'_{ST}$ ) em uma população, ou seja, também mede a variabilidade genética de um grupo de indivíduos em relação a um ou mais locos específicos. A interpretação dos dados obtidos por esse método segue princípios semelhantes aos do método de Nei (1973). Assim como no método de Nei, o valor de  $G'_{ST}$  obtido pelo método de Hedrick também varia de 0 a 1, onde 0 indica nenhuma diversidade alélica (todos os indivíduos têm os mesmos alelos) e 1 indica a máxima diversidade alélica (todos os alelos são diferentes na população). Valores mais altos de  $G'_{ST}$  indicam maior variabilidade genética na população, enquanto valores mais baixos indicam menor variabilidade.

## 6 CONCLUSÕES

A partir do levantamento do histórico da vegetação na região oeste do Estado de São Paulo, tendo por base uma espécie arbórea expressiva da região a *Pterodon pubescens*, evidencia-se que mesmo sem a presença do homem a vegetação apresenta modificações no tempo e no espaço, chegando até em níveis de biomas fato evidenciado pela aplicação da Teoria dos Refúgios Florestais. Momentos de retração e expansão de fitofisionomias marcaram os últimos 18.000 anos da região. No entanto, o que é preocupante é o fato da intervenção humana acelerar estas mudanças, acarretando vários problemas de origem ambiental e genética como os efeitos de paisagem e os inerentes a fragmentação de formações vegetais, principalmente em áreas de ecótono, como é o caso da região entre a Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual) e o Cerrado.

A simulação do uso dos caracteres quantitativos, obtidos a partir de caracteres morfológicos, como se fossem locos é útil para se fazer uma inferência preliminar em relação a distribuição da variação genética entre e dentro de populações e a presença de endogamia nestas populações. Assim, a história da exploração da região noroeste do estado de São Paulo (agricultura) e do estado do Mato Grosso do sul (pastagem) é de pouco mais de um século, mas é perceptível o efeito desta exploração na fragmentação das formações vegetais, tendo por base a espécie arbórea (*Pterodon pubescens*), cujo principal problema é o aumento da endogamia nestas populações restantes, o que poderá em um curto espaço de tempo levá-las a uma perda considerável e irreversível de sua variabilidade genética, o que de forma imensurável será preocupante para as próximas gerações de seres humanos nestas regiões.

O modelo de simulação apesar de baseado em dados morfológicos mostra-se eficaz no direcionamento em uma análise genética preliminar, apesar de que seria de grande valia uma comparação com dados levantados por uma metodologia molecular de análise genética.

Os dados estatísticos obtidos permitem compreender a dinâmica florística de *Pterodon pubescens*, hoje em um ambiente bastante degradado, com base na forma das plantas remanescentes em que foi possível inferir sobre a composição em que esta fazia ou faz parte (floresta, mata de galeria, cerrado, cerradão ou campo sujo). A caracterização dos solos de ocorrência trouxe a luz a preferência da espécie a solos arenosos como Latossolos vermelho – amarelo, Latossolos vermelhos e Neossolos

Quartzarênicos demonstrando a sua alta adaptabilidade a solos que são considerados fracos para as culturas comerciais, da mesma forma indicando que seu processo de especiação ocorreu concomitante a formação destes solos e junto as últimas eras glaciais.

É importante ressaltar que esta metodologia pode ser empregada com a maioria das espécies nativas da região, devido aos caracteres morfológicos quantitativos serem frequentemente medidos através de métodos simples e não invasivos. Isso torna a coleta de dados relativamente fácil e acessível, permitindo que um grande número de amostras possa ser estudado em um curto espaço de tempo. Assim os caracteres morfológicos quantitativos podem ser usados como complemento aos dados genéticos moleculares em estudos de genética populacional, fornecendo uma abordagem mais ampla para compreender a estrutura e a dinâmica das populações.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, n. 3, p. 1-19, 1977. Disponível em: [biblio.fflch.usp.br/AbSaber\\_AN\\_1351409\\_EspaçosOcupadosPelaExpansao.pdf](http://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1351409_EspaçosOcupadosPelaExpansao.pdf). Acesso em: 01 set. 2022.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê editorial, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GOLÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/2013/00000022/00000006/art00008?token=004f1a11bab2a729bc7e41225f40382d2c2b4652767446624550576b34272c5f7b3d6d3f4e4b34a>. Acesso em: 23 jul. 2022.
- ANDRE, R. G.; Cafeicultura e degradação ambiental. In: MARTINEZ, P. H. (Org.), **História ambiental paulista: temas, fontes, métodos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região centro-oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.
- BRESINSKY, A.; KÖRNER, C.; KADEREIT, J. W.; NEUHAUS, G.; SONNEWALD, U. **Tratado de Botânica de Strasburger**. 36 ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- CAMPOS FILHO, E. M. (org); **Coleção plante as árvores do Xingu e Araguaia: volume II, guia de identificação**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.
- COMISSÃO Geográfica e Geológica. **Carte Générale de l'État de São Paulo**. Antuérpia: Lith. Laporte et Dosse; Tóquio: National Diet Library, 1910.
- COMPANHIA DE AGRICULTURA, IMIGRAÇÃO E COLONIZAÇÃO - CAIC. **Relatório de descrição da Gleba Paget, 1946**. Três Lagoas MS: Núcleo de documentação Histórica; Honório de Souza Carneiro; CPTL/UFMS, 2006.
- CARDOSO, D., PENNINGTON, R.T., QUEIROZ, L.P. de, BOATWRIGHT, J.S., VAN WYK, B.-E., WOJCIECHOWSKI, LAVIN, M.F., M. Reconstructing the deep-branching relationships of the papilionoid legumes. **South African Journal of Botany**, v. 89, 2013.
- CARDOSO, D., PENNINGTON, R.T., QUEIROZ, L.P. de, BOATWRIGHT, J.S., VAN WYK, B.-E., WOJCIECHOWSKI, LAVIN, M.F., M. Revisiting the phylogeny of papilionoid legumes: new insights from comprehensively sampled early-branching lineages. **Am J Bot.**, v. 99, 2012.

CARVALHO, C.S.; CARDOSO, D.B.O.S.; LIMA, H.C. *Pterodon*. In: **Flora do Brasil 2020**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29843>. Acesso em: 27 maio 2021.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. vol. 5.

COELHO L.P., REIS P.A., DE CASTRO F.L., GAYER C.R., DA SILVA LOPES C., DA COSTA E SILVA M.C., DE CARVALHO SABINO K.C., TODESCHINI A.R., COELHO M.G. Antinociceptive properties of ethanolic extract and fractions of *Pterodon pubescens* Benth. seeds. **J Ethnopharmacol**, v. 98, n. 1-2, p. 109-16, Apr, 2005. Doi: 10.1016/j.jep.2005.01.014. PMID: 15763371.

CORRÊA, R. L. **Trajetórias geográficas**. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 1997.

COSTA, R. M.S. **Fernandópolis: nossa história, nossa gente**. Fernandópolis: Ed. Bom Jesus, 1996.

COUTINHO, L. M. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

DURIGAN, G., BAITELLO, J.B., FRANCO, G.A.D.C., SIQUEIRA, M. F. de; **Plantas do Cerrado Paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo, SP: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. Rome, Italy: FAO, 2015.

FUTUYMA, Douglas J. **Biologia evolutiva**. 3 ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2009.

GALINDO-LEAL, C., CÂMARA; I. G.; **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica e Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

GRIFFITHS, Anthony J. F.; GELBART, William M.; MILLER, Jeffrey H.; LEWONTIN, Richard C. **Genética Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HAFFER, Jürgen; Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 15, 1992. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9579>. Acesso em: 27 maio 2021.

HARTL, Daniel L. **Princípios de genética de população**. 3. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2008.

HEDRICK, Philip W., A standardized genetic differentiation measure. **Evolution**, v. 59, n. 8, p. 1633–1638, August, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2005.tb01814.x>.

HOSCHEID J., BERSANI-AMADO C.A., DA ROCHA B.A., OUTUKI P.M., DA SILVA M.A., FROELICH D.L., CARDOSO M.L. Inhibitory Effect of the Hexane Fraction of the Ethanolic Extract of the Fruits of *Pterodon pubescens* Benth in Acute and Chronic Inflammation. **Evid Based Complement Alternat Med**, v. 2013, Article ID 272795, 2013. DOI: 10.1155/2013/272795.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: UnB; Polígono, 1972.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estado de Mato Grosso do Sul**: projeto estudos integrados do potencial de recursos naturais – solos (map.) 1:1.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Divisão do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

KATZ, N., SANTOS FILHO, D. DOS, SARTI, S. J., MENDES, N. M., ROCHA FILHO, P. A., & ARAUJO, N. Atividade quimioprolíptica na esquistossomose mansoni de sabonetes contendo óleo essencial de frutos de *Pterodon pubescens*. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 35, n. 2, p. 183-191, 1993.

LEHMANN C.E., ANDERSON T.M., SANKARAN M., HIGGINS S.I., ARCHIBALD S., HOFFMANN W.A., HANAN N.P., WILLIAMS R.J., FENSHAM R.J., FEFILI J., HUTLEY L.B., RATNAM J., SAN JOSE J., MONTES R., FRANKLIN D., RUSSELL-SMITH J., RYAN C.M., DURIGAN G., HIERNAUX P., HAIDAR R., BOWMAN D.M., BOND W.J. **Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents**. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548-552, jan., 2014. DOI: 10.1126/science.1247355. PMID: 24482480.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. vol. 1.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A.; **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985.

MARTINS, S. V. (ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

MYERS, N., MITTERMEIER, R., MITTERMEIER, C. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>

MONBEIG, P.; **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec/Polis, 1984.

MUNIZ, AC; PIMENTA, RJG; CRUZ, MV; RODRIGUES, JG; BUZATTI, RSO; HEUERTZ, M; LEMOS-FILHO, JP; LOVATO, MB. Hybrid zone of a tree in a Cerrado/Atlantic Forest ecotone as a hotspot of genetic diversity and conservation. **Ecology and Evolution**, v. 12, e8540, 2022. DOI: 10.1002/ece3.8540.

NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n. 12, p. 3321-3, Dec. 1973. DOI: 10.1073/pnas.70.12.3321. PMID: 4519626; PMCID: PMC427228.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, Ottawa, v. 89, p. 438-443, 1978.

ODUM, E. P., BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

OLIVEIRA, P. T. M. S., MUNITA, C. J. A. S., Influencia do valor critico na deteccao de valores discrepantes em arqueometria. *In*: SIMPOSIO DE ESTATISTICA APLICADA A EXPERIMENTACAO AGRONOMICA, 10.; REUNIAO ANUAL DA REGIAO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 48., 7-11 jul, 2003, Lavras, MG. **Anais [...]** 2003. p. 545-550. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/16393>. Acesso em: 20 maio 2022.

PIMENTEL, Márcia M. G.; SANTOS-REBOUÇAS, Cíntia B.; GALLO, Cláudia V. M., **Genética essencial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

RAWITSCHER, F. Problemas de Fitoecologia, com considerações especiais sobre o Brasil Meridional. **Boletim XLI; Botânica**, São Paulo, n. 3, 1944.

RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo PR: Embrapa Florestas, 2007.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010

ROCHA, D.M.S. **Aspectos taxonômicos, genéticos e reprodutivos de *Pterodon pubescens* Benth. (Benth.) e *P. emarginatus* Vogel (Leguminosae, Dipteryxaceae)**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2006.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 2017.



SALGADO-LABOURIAU, Maria Léa. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Blucher, 2007.

SANO, S. M., ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. 2 v.

SANQUETTA, C. R., CORTE, A. P. D., RODRIGUES, A. L., WATZALAWICK, L. F. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 3 ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2014.

SANTOS FILHO, D.; SARTI, S.J.; KATZ, N.; ARAÚJO, N.; ROCHA FILHO, P. A.; ABREU, J.E.; BORTOLIN, M. E.; Atividade quimioprofilática de sabonetes contendo óleo essencial de frutos de *Pterodon pubescens* na *esquistossomose mansonii*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 82, Supl. IV: 343-345, 1987.

SARTORELLI, P. A. R., CAMPOS FILHO, P.; **Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica**. São Paulo: Agroicone, 2017.

SEIXAS, G. M.; **Jales: Precursores e Pioneiros**. Jales - SP: Edição do autor, 2003.

SILVA, J. M. C.; Biogeographic analysis of the South American Cerrado avifauna. **Steenstrupia**, Copenhagen, v. 21, p. 49-67, 1995.

SILVA-JUNIOR, M.C. **100 Árvores do cerrado: guia de campo**. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SOUZA, V. C., FLORES, T. B., COLLETTA, G. D., COELHO, R. L. G. **Guia das Plantas do Cerrado**. Piracicaba: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

TAMARIN, Robert H. **Princípios de genética**. 7 ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2011.

VANZOLINI, P. E. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 15, p. 41-65, 1992. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9580>. 20 maio 2022.

VIADANA, Adler Guilherme; **A teoria dos refúgios florestais aplicada ao Estado de São Paulo**. Rio Claro SP: A.G. Viadana, 2002.

VIADANA, Adler Guilherme; **A teoria dos refúgios florestais aplicada ao Estado de São Paulo**. Tese (Livre Docente) – IGCE, Unesp, Rio Claro, 2000.

VIADANA, A. G.; CAVALCANTI, A. P. B. A Teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo (The forest refuge's theory devoted to São Paulo

state). **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral, v. 8, n. 1, 11. 2006.

VIEIRA C.R., MARQUES M.F., SOARES P.R., MATUDA L., DE OLIVEIRA C.M., KATO L., DA SILVA C.C., GUILLO L.A. Antiproliferative activity of *Pterodon pubescens* Benth. seed oil and its active principle on human melanoma cells. **Phytomedicine**, v. 15, p. 528-532, 2008.

WAHLUND, S. Zusammensetzung von populationen und korrelationserscheinungen vom standpunkt der vererbungslehre aus betrachtet. **Hereditas**, v. 11, p. 65-106, 1928. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1928.tb02483.x>. Acesso em: 20 maio 2022.

WEINER, Jonathan. **O bico do tentilhão: uma história da evolução no nosso tempo**. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

WHITTAKER, R. H. **Communities and Ecosystems**. 2 ed. New York: Macmillan, 1975.

WILLIS, K.J; MCELWAIN, J. C.; **The evolution of Plants**. 2 ed. New York: Oxford University Press, 2002.

WRIGHT, S. The interpretation of population structure by Fstatistics with special regard to system of mating. **Evolution**, Lawrence, v. 19, p.395-342, 1965.

WWF-Brasil. **O Bioma**. Brasília, DF: WWF, 2022. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/areas\\_prioritarias/cerrado/bioma/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/bioma/). Acesso em: 20 maio 2022.

## ANEXOS

**TABELA 7:** Dados amostrados da População Aparecida D'oeste SP (APO)

<b>MATRIZ</b>	<b>HCO</b>	<b>HTO</b>	<b>DAP</b>	<b>DMC</b>
<b>1</b>	8.50	18.40	0,754	19.10
<b>2</b>	3.90	18.70	0,732	15.40
<b>3</b>	5.10	17.00	0,551	13.00
<b>4</b>	6.60	25.00	0,796	18.20
<b>5</b>	2.00	22.00	0,665	17.00
<b>6</b>	2.40	16.80	0,478	15.30
<b>7</b>	4.60	18.60	0,732	14.50
<b>8</b>	1.69	17.70	0,783	18.90
<b>9</b>	4.80	19.70	0,509	17.00
<b>10</b>	8.90	29.80	0,805	16.50
<b>11</b>	3.50	17.00	0,350	21.20
<b>12</b>	6.60	19.50	0,369	17.30
<b>13</b>	5.40	15.20	0,595	13.00
<b>14</b>	3.80	21.60	0,649	16.00
<b>15</b>	8.00	24.40	0,707	16.30
<b>16</b>	7.00	11.30	0,640	8.70
<b>17</b>	7.30	16.40	0,710	16.70
<b>18</b>	1.60	16.40	0,627	17.30
<b>19</b>	2.00	24.70	0,519	15.60
<b>20</b>	3.30	25.10	0,398	19.90
<b>21</b>	4.00	12.00	0,264	15.00
<b>22</b>	3.90	15.30	0,341	19.20
<b>23</b>	8.70	29.80	0,758	12.50
<b>24</b>	2.90	23.00	0,665	17.50
<b>25</b>	4.40	22.00	0,939	18.40
<b>26</b>	3.80	22.00	0,732	13.30
<b>27</b>	1.40	22.30	0,783	19.90
<b>28</b>	4.00	17.80	0,863	25.20
<b>29</b>	5.00	20.30	1,025	19.70
<b>30</b>	2.60	18.40	0,516	20.10
<b>31</b>	1.80	19.30	0,700	18.60
<b>32</b>	3.50	20.50	0,605	16.20
<b>33</b>	2.00	16.00	0,366	15.60
<b>34</b>	6.50	25.00	0,796	18.20
<b>35</b>	2.20	22.00	0,665	17.00
<b>36</b>	2.40	17.00	0,478	15.30
<b>37</b>	4.50	18.00	0,732	14.50
<b>38</b>	1.70	17.50	0,783	18.90
<b>39</b>	4.70	19.30	0,509	17.00
<b>40</b>	8.50	27.00	0,805	16.50

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 8:** Dados amostrados da População Selvária - MS (SEL)

<b>MATRIZ</b>	<b>HCO</b>	<b>HTO</b>	<b>DAP</b>	<b>DMC</b>
<b>1</b>	9.00	17.20	0,678	17.00
<b>2</b>	4.50	18.10	0,780	16.90
<b>3</b>	6.40	19.30	0,567	13.40
<b>4</b>	6.50	23.90	0,754	19.30
<b>5</b>	5.30	19.50	0,618	14.50
<b>6</b>	5.20	16.80	0,853	14.60
<b>7</b>	6.30	18.90	0,624	14.00
<b>8</b>	6.30	19.90	0,834	21.40
<b>9</b>	6.70	28.30	1,057	21.70
<b>10</b>	5.50	27.30	0,770	16.60
<b>11</b>	8.20	25.40	0,633	13.40
<b>12</b>	9.20	25.20	0,694	16.40
<b>13</b>	10.70	19.60	0,567	8.20
<b>14</b>	4.70	13.10	0,856	14.50
<b>15</b>	7.80	19.00	0,624	10.50
<b>16</b>	13.20	26.20	0,621	13.70
<b>17</b>	7.30	25.20	0,786	16.30
<b>18</b>	5.70	19.10	0,844	18.50
<b>19</b>	8.60	17.70	0,866	16.10
<b>20</b>	8.40	25.80	0,844	14.80
<b>21</b>	4.80	21.60	0,789	15.40
<b>22</b>	5.90	14.80	0,458	11.70
<b>23</b>	9.00	21.00	0,697	14.10
<b>24</b>	9.00	24.10	0,770	14.40
<b>25</b>	4.90	15.50	0,837	13.50
<b>26</b>	10.00	24.60	0,751	13.00
<b>27</b>	8.80	13.80	0,802	14.60
<b>28</b>	7.50	23.40	0,840	18.40
<b>29</b>	10.40	23.30	0,700	15.90
<b>30</b>	14.00	25.70	0,805	15.20
<b>31</b>	7.80	13.60	0,586	9.70
<b>32</b>	7.00	20.40	0,659	17.50
<b>33</b>	4.20	26.20	0,955	19.40
<b>34</b>	7.10	25.80	0,904	17.80
<b>35</b>	6.90	17.60	0,665	15.40
<b>36</b>	7.50	26.60	0,898	19.90
<b>37</b>	5.00	17.10	0,681	14.50
<b>38</b>	4.50	18.10	0,780	16.90
<b>39</b>	6.40	19.30	0,567	13.40
<b>40</b>	6.50	23.90	0,754	19.30

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 9:** Dados amostrados da População Lagoa Santa - GO (LAS)

<b>MATRIZ</b>	<b>HCO</b>	<b>HTO</b>	<b>DAP</b>	<b>DMC</b>
<b>1</b>	6.00	20.00	0,306	12.80
<b>2</b>	6.80	16.80	0,369	12.60
<b>3</b>	1.60	17.80	0,382	12.40
<b>4</b>	7.70	18.60	0,388	13.40
<b>5</b>	1.60	18.00	0,430	10.40
<b>6</b>	2.00	15.30	0,430	10.50
<b>7</b>	6.00	16.70	0,446	10.30
<b>8</b>	2.50	13.00	0,446	9.70
<b>9</b>	10.00	26.00	0,446	16.60
<b>10</b>	3.20	15.50	0,468	10.80
<b>11</b>	2.40	18.60	0,471	14.50
<b>12</b>	4.70	15.70	0,478	11.70
<b>13</b>	4.50	13.50	0,490	12.90
<b>14</b>	3.10	16.40	0,497	11.60
<b>15</b>	6.00	23.00	0,509	12.40
<b>16</b>	4.70	23.40	0,528	18.70
<b>17</b>	7.20	22.00	0,532	7.50
<b>18</b>	6.20	16.00	0,535	8.60
<b>19</b>	4.40	18.60	0,541	11.30
<b>20</b>	5.30	18.40	0,548	12.50
<b>21</b>	5.10	21.80	0,557	18.40
<b>22</b>	4.90	15.80	0,567	13.70
<b>23</b>	5.10	22.70	0,567	13.90
<b>24</b>	5.60	21.80	0,573	11.20
<b>25</b>	4.30	21.40	0,576	14.80
<b>26</b>	10.70	21.80	0,586	17.00
<b>27</b>	2.80	17.00	0,589	13.90
<b>28</b>	3.10	19.90	0,592	16.10
<b>29</b>	3.20	16.40	0,595	11.70
<b>30</b>	4.50	21.00	0,598	19.10
<b>31</b>	4.00	21.50	0,598	18.30
<b>32</b>	4.40	19.40	0,598	17.60
<b>33</b>	4.20	19.40	0,598	15.80
<b>34</b>	4.60	19.60	0,611	12.10
<b>35</b>	3.40	18.50	0,624	14.10
<b>36</b>	3.50	16.50	0,624	16.50
<b>37</b>	2.50	15.50	0,624	11.20
<b>38</b>	3.60	18.20	0,624	13.40
<b>39</b>	3.20	23.80	0,630	16.50
<b>40</b>	2.00	21.50	0,637	21.20
<b>41</b>	4.00	17.30	0,637	16.10
<b>42</b>	2.90	16.40	0,637	19.70
<b>43</b>	5.00	17.80	0,656	14.20
<b>44</b>	2.00	15.20	0,662	14.10
<b>45</b>	2.80	17.60	0,665	17.10
<b>46</b>	4.60	21.30	0,684	13.80

<b>47</b>	6.50	20.40	0,688	15.00
<b>48</b>	1.60	15.20	0,694	16.20
<b>49</b>	3.20	16.80	0,700	11.90
<b>50</b>	4.00	16.50	0,700	15.90
<b>51</b>	5.90	22.90	0,716	14.00
<b>52</b>	3.10	17.30	0,751	13.20
<b>53</b>	3.50	17.30	0,761	15.90
<b>54</b>	3.40	25.20	0,793	19.70

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 10:** População Aparecida D'oeste SP, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)

	<b>HCO</b>	<b>HTO</b>	<b>DAP</b>	<b>DMC</b>
$\hat{m}$	4,39	20,00	0,624	16,89
$\sigma^2$	5,00	17,60	0,030	7,91
$\sigma$	2,23	4,20	0,173	2,81
<b>CV</b>	50,96	20,98	27,72	16,66
<b>AT</b>	7,50	18,50	0,761	16,50

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 11:** População Selvíria MS, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)

	<b>HCO</b>	<b>HTO</b>	<b>DAP</b>	<b>DMC</b>
$\hat{m}$	7,32	21,05	0,744	15,54
$\sigma^2$	5,08	17,94	0,015	8,62
$\sigma$	2,25	4,23	0,123	2,94
<b>CV</b>	30,80	20,12	0,165	18,90
<b>AT</b>	9,80	15,20	0,599	13,50

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 12:** População Lagoa Santa GO, Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)

	HCO	HTO	DAP	DMC
$\hat{m}$	4,23	18,78	0,573	14,16
$\sigma^2$	3,62	8,83	0,011	9,02
$\sigma$	1,90	2,97	0,105	3,00
CV	44,09	15,82	18,32	21,22
AT	9,10	13,00	0,487	13,70

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 13:** Matrizes de *Pterodon pubescens* vistas como uma única população: Média ( $\hat{m}$ ), Variância ( $\sigma^2$ ), Desvio padrão ( $\sigma$ ), Coeficiente de Variação (CV) e amplitude (AT)

	HCO	HTO	DAP	DMC
$\hat{m}$	5,23	19,81	0,645	15,39
$\sigma^2$	6,26	14,84	0,023	9,74
$\sigma$	2,50	3,85	0,151	3,12
CV	47,80	19,44	23,41	20,29
AT	12,60	18,50	0,793	17,70

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 14:** Exemplo de um loco (HCO) da população (POP-APO) total como foi feita a simulação, primeiro passo: ordenar as arvores matrizes e encontrar o número Z

POP	Matriz	APO-HCO		N	Matriz	APO-HCO	APO-HCZ	GENÓTIPO
1	101	8,50		1	127	1,40	1,6638	A1A1
1	102	3,90		2	118	1,60	1,7533	A1A2
1	103	5,10		3	108	1,69	1,7936	A1A2
1	104	6,60		4	138	1,70	1,7980	A1A2
1	105	2,00		5	131	1,80	1,8428	A1A2
1	106	2,40		6	105	2,00	1,9322	A1A2
1	107	4,60		7	119	2,00	1,9322	A1A2
1	108	1,69		8	133	2,00	1,9322	A1A2
1	109	4,80		9	135	2,20	2,0217	A1A3
1	110	8,90		10	106	2,40	2,1111	A1A3
1	111	3,50		11	136	2,40	2,1111	A1A3
1	112	6,60		12	130	2,60	2,2006	A1A3
1	113	5,40		13	124	2,90	2,3348	A1A4
1	114	3,80		14	120	3,30	2,5137	A1A5
1	115	8,00		15	111	3,50	2,6031	A1A5
1	116	7,00		16	132	3,50	2,6031	A1A5
1	117	7,30		17	114	3,80	2,7373	A1A6
1	118	1,60		18	126	3,80	2,7373	A1A6
1	119	2,00		19	102	3,90	2,7821	A1A6
1	120	3,30		20	122	3,90	2,7821	A1A6
1	121	4,00		21	121	4,00	2,8268	A1A6
1	122	3,90		22	128	4,00	2,8268	A1A6
1	123	8,70		23	125	4,40	3,0057	A2A2
1	124	2,90		24	137	4,50	3,0504	A2A2
1	125	4,40		25	107	4,60	3,0952	A2A2
1	126	3,80		26	139	4,70	3,1399	A2A2
1	127	1,40		27	109	4,80	3,1846	A2A2
1	128	4,00		28	129	5,00	3,2741	A2A3
1	129	5,00		29	103	5,10	3,3188	A2A3
1	130	2,60		30	113	5,40	3,4530	A2A3
1	131	1,80		31	134	6,50	3,9450	A2A5
1	132	3,50		32	104	6,60	3,9897	A2A6
1	133	2,00		33	112	6,60	3,9897	A2A6
1	134	6,50		34	116	7,00	4,1686	A2A6
1	135	2,20		35	117	7,30	4,3028	A3A3
1	136	2,40		36	115	8,00	4,6159	A3A4
1	137	4,50		37	101	8,50	4,8396	A3A5
1	138	1,70		38	140	8,50	4,8396	A3A5
1	139	4,70		39	123	8,70	4,9290	A3A5
1	140	8,50		40	110	8,90	5,0185	A3A6
					MÉDIA	4,39	3,00	
					DP	2,2357	1,00	
					CV	50,96	33,33	
						IC	0,25	

Fonte: Próprio autor.



**TABELA 15:** Segundo passo: determinar o intervalo de classes (LI – LS) dos genótipos e a frequência (f) que cada um é encontrado na população

CLASSES	GENÓTIPOS	LI	LS	f	LINHA
1	A1A1	1,47	1,72	1	N2
2	A1A2	1,72	1,97	7	N3
3	A1A3	1,97	2,22	4	N4
4	A1A4	2,22	2,47	1	N5
5	A1A5	2,47	2,72	3	N6
6	A1A6	2,72	2,97	6	N7
7	A2A2	2,97	3,22	5	N8
8	A2A3	3,22	3,47	3	N9
9	A2A4	3,47	3,72	0	N10
10	A2A5	3,72	3,97	1	N11
11	A2A6	3,97	4,22	3	N12
12	A3A3	4,22	4,47	1	N13
13	A3A4	4,47	4,72	1	N14
14	A3A5	4,72	4,97	3	N15
15	A3A6	4,97	5,22	1	N16
16	A4A4	5,22	5,47	0	N17
17	A4A5	5,47	5,72	0	N18
18	A4A6	5,72	5,97	0	N19
19	A5A5	5,97	6,22	0	N20
20	A5A6	6,22	6,47	0	N21
21	A6A6	6,47	6,72	0	N22
TOTAL				40	N23

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 16:** Terceiro passo: calcular a frequência de cada alelo para o equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW)

f (Alelos)	p (EHW)
f(A1)	0,29
f(A2)	0,30
f(A3)	0,18
f(A4)	0,03
f(A5)	0,09
f(A6)	0,13
TOTAL	1,00

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 17:** Quarto passo: calcular a frequência dos genótipos para o equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW)

f (Genótipos)	PP (EHW)
A1A1	0,083
A1A2	0,173
A1A3	0,101
A1A4	0,014
A1A5	0,050
A1A6	0,072
A2A2	0,090
A2A3	0,105
A2A4	0,015
A2A5	0,053
A2A6	0,075
A3A3	0,031
A3A4	0,009
A3A5	0,031
A3A6	0,044
A4A4	0,001
A4A5	0,004
A4A6	0,006
A5A5	0,008
A5A6	0,022
A6A6	0,016
TOTAL	1,000

Fonte: Próprio autor.

**TABELA 18:** Quinto passo: calcular a Heterozigosidade observada ( $H_o$ ), Heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) e o índice de fixação ( $F$ )

<b><math>H_o</math></b>	<b>0,825</b>
<b><math>H_e</math></b>	<b>0,773</b>
<b><math>F</math></b>	<b>-0,068</b>

Fonte: Próprio autor.

Obs. Estes é o modelo de simulação foi aplicado para cada um dos Locos ( $HCO$ ,  $HTO$ ,  $DAP$  e  $DMC$ ) de cada uma das três populações de maneira isoladas, assim também o mesmo foi aplicado quando se considerou a população como um todo.