

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Rodrigo Corrêa Pontes**

**DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA DE *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P.  
Taylor (CACTOIDEAE, CACTACEAE) NA REGIÃO CENTRAL DO  
RIO GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS  
2021



**Rodrigo Corrêa Pontes**

**DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA DE *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor  
(CACTOIDEAE, CACTACEAE) NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO  
SUL**

Tese de doutorado apresentada ao curso de Doutorado em Geografia, Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção título de **Doutor em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

Santa Maria, RS  
2021

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

PONTES, RODRIGO CORRÊA  
DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA DE *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (CACTOIDEAE, CACTACEAE) NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL / RODRIGO CORRÊA PONTES.- 2021.

203 p.; 30 cm

Orientador: MAURO KUMPFER WERLANG

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, RS, 2021

1. Biogeografia 2. Botânica 3. Endemismo 4. Geomorfologia 5. Paleoclimas I. WERLANG, MAURO KUMPFER II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, RODRIGO CORRÊA PONTES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

---

© 2021

Todos direitos autorais reservados à Rodrigo Corrêa Pontes. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

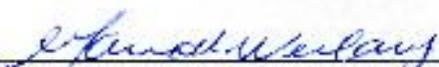
Email: rodrigocorreapontes@gmail.com

**Rodrigo Corrêa Pontes**

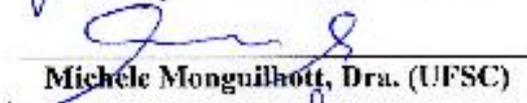
**DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA DE *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor  
(CACTOIDEAE, CACTACEAE) NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO  
SUL**

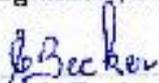
Tese de doutorado apresentada ao curso de Doutorado em Geografia, Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção título de **Doutor em Geografia**.

**Aprovado em 24 de agosto de 2021:**

  
Mauro Kumpfer Werlang, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
Cassio Arthur Wollmann, Dr. (UFSM)

  
Michele Monguilhott, Dra. (UFSC)

  
Elsbeth Léia Spode Becker, Dra. (UFN)

  
Franciele Francisca Marmentini Rovani, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS  
2021





## DEDICATÓRIA

*À minha família, minha mãe Irma Clotilde Ramos Corrêa, minha tia Angela Beatriz Ramos, minha avó Ilsa Ramos Corrêa (in memoriam), pelo apoio, carinho e incentivo;*

*Aos meus dois mestres das Ciências Naturais em distintos momentos da minha incursão acadêmica, ao Prof. Leopoldo Witeck Neto e o meu orientador Prof. Mauro Kumpfer Werlang, ambos com admirável retidão, visão humanista e abordagem naturalista. Seus ensinamentos foram imprescindíveis para a construção do meu espírito crítico e do meu perfil de pesquisador, sendo posteriormente aprimorado com as formalidades e vivências fornecidas pela academia;*

*Ao amigo Rudi Werner Büneker, pela amizade e por compartilhar seu vasto conhecimento, histórias e observações durante nossas longas conversas sobre as cactáceas;*

*Aos amigos Kurt Ingo Horst e Danyella Karla Cavalcante Torres, pelo acolhimento, amizade, carinho e colaboração ao longo da realização deste trabalho;*

*Ao grande Leopoldo Horst (in memoriam), um apaixonado pela natureza, que dedicou sua vida a descobrir as belas plantas espinhentas, revelando-as para o mundo.*



## AGRADECIMENTOS

À Instituição Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) pela oportunidade e privilégio de ingressar no doutorado de forma gratuita e por promover conhecimento científico com qualidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos para realização desta pesquisa;

À Deus por conceder a minha existência, com saúde, espírito pioneiro e perseverante, durante o enfrentamento dos inúmeros desafios nos aleatórios caminhos da vida;

À minha mãe Irma Clotilde Ramos Corrêa, minha avó Ilsa Ramos Corrêa (*in memoriam*), as minhas tias Angela Beatriz Ramos e Laureana Rosângela Ramos Corrêa Cassol (*in memoriam*) pelo incentivo a alcançar os meus objetivos e superar os desafios;

Ao orientador, Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang, pela amizade, credibilidade, liberdade concedida na escolha do tema e orientação no trabalho desenvolvido ao longo destes quatro anos de orientação;

Aos professores membros da banca examinadora, Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann, Prof. Dra. Michele Monguilhott, Prof<sup>a</sup>. Dra. Elsbeth Léia Spode Becker e Prof<sup>a</sup>. Dra. Franciele Francisca Marmentini Rovani, pelas valiosas observações e sugestões que culminaram em relevantes alterações nesta tese;

Aos professores Prof. Dr. Eduardo Schiavone Cardoso e Prof. Dr. Valmir Viera que gentilmente aceitaram serem suplentes da banca de avaliação;

Aos professores Prof. Dr. José Newton Cardoso Marchiori, Prof. Dr. Leonardo Paz Deble e a Prof<sup>a</sup>. Dra. Anabela Silveira de Oliveira pelas discussões botânicas e fitogeográficas;

Ao geólogo do Ronaldo Machado da Fontoura, do Laboratório de Geologia da Universidade Federal de Santa Maria, pelo auxílio e presteza na identificação detalhada das amostras petrográficas;

Ao Colégio Politécnico, especialmente ao Prof. Ms. Leopoldo Witeck Neto, Prof. Dr. Marcelo Antônio Rodrigues e ao técnico Hazael Soranzo de Almeida, por todo auxílio prestado;

Aos notórios pesquisadores da família Cactaceae, Andreas Hofacker (presidente da Deutsche Kakteen Gesellschaft - DKG), Konrad Herm (Bad Herrenalb) e aos botânicos Prof. Dr. Wolf-Rainer Abraham (Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung GmbH, Braunschweig) e Prof. Dr. Detlev Metzger (Bundesamt für Naturschutz), que forneceram discussões e literatura específica pertinentes ao tema;

À Rudi Werner Büneker pelas preciosas contribuições e observações sobre a família Cactaceae realizadas durante este trabalho;

À Kurt Ingo Horst, Danyella Karla Cavalcante Torres, Gundela Horst Rahmeier, e demais funcionários do Cactário Horst pelo acolhimento, amizade, fornecimento de literatura, fotos, informações e demais complementos imprescindíveis para realização desta pesquisa;

Aos amigos e colegas de curso, Amanda Iensse Comassetto, Daniéli Flores Dias, Iago Turba Costa, Ismael Luiz Hoppe, Leonardo Moreira Aguiar, Lucas Krein Rademann, Maurício Rizzatti, Richard Kohler Marzewski, Rômulo Augusto Aragonês Aita, Ronaldo Facco, William Gaida, Vagner Apollo Duarte pelo auxílio, convívio e companheirismo em vencer as adversidades ao longo do curso;

Aos amigos da Engenharia Florestal, Dr. Paulo Fernando Machado, Msc. Maurício Figueira, Msc. Bianca Schwarz Schindler pelo companheirismo em trabalhos de campo;

À Guilherme Lul da Rocha, secretário municipal do Meio Ambiente de Santa Maria e a a bióloga e gestora Marina Deon Ferrarese, pela autorização e suporte para a visitação no Parque Natural Municipal dos Morros;

À todos os proprietários e demais pessoas que permitiram o acesso às suas propriedades de forma receptiva e contribuíram com importantes informações para alcançar meus objetivos.

- *E também tenho uma flor, disse o pequeno príncipe.*
- *Não anotamos flores, disse o geógrafo.*
- *Mas por quê? São as coisas mais bonitas que existem!*
- *Porque as flores são efêmeras.*
- *Mas o que quer dizer efêmera?*
- *Significa “que está ameaçada de desaparecer em breve”.*
- *Minha flor está ameaçada de desaparecer em breve?*
- *Sem dúvida.*
- *Minha flor é efêmera, pensou o pequeno príncipe, e só tem quatro espinhos para defender-se do mundo!*

*(Antoine de Saint-Exupéry)*



## RESUMO

### DISTRIBUIÇÃO FITOGEOGRÁFICA DE *Parodia horstii* (F. RITTER) N. P. Taylor (CACTOIDEAE, CACTACEAE) NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: Rodrigo Corrêa Pontes

ORIENTADOR: Mauro Kumpfer Werlang

A paisagem do Rio Grande do Sul apresenta uma mescla de elementos florísticos presentes nos mais variados ambientes. Dentre esses, a família das cactáceas, com escasso conhecimento científico sobre padrões de distribuição a nível de espécie. Com o propósito de contribuir com esta questão, a pesquisa a seguir teve como o objetivo principal identificar e caracterizar populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae, Cactaceae) na região central do Rio Grande do Sul, na tentativa de relacionar a presença do táxon na área de estudo com variáveis físicas de ordem geológica, geomorfológica e microclimática. Para atender aos objetivos foram realizados trabalhos de campo visando a identificação de populações *in situ*, obtenção de dados primários a respeito da ecologia e coleta de dados microclimáticos, onde foram organizados e analisados posteriormente. A delimitação da área de estudo foi estabelecida conforme a frequência de afloramentos e escarpamentos rochosos, morros testemunhos e vales dissecados, ambientes adequados para o estabelecimento de cactáceas. A área objeto da pesquisa encontra-se na região central do Rio Grande do Sul entre as coordenadas geográficas 29° 00' e 29° 45' de Latitude Sul, 52° 45' e 54° 45' de Longitude Oeste, com altitude mínima de 28 metros e altitude máxima de 673 metros. A pesquisa foi desenvolvida a partir de dados primários levantados de acordo com as observações *in situ* e também por meio de levantamento bibliográfico, onde foi estabelecido o marco conceitual desta tese, embasando abordagens e a caracterização da paisagem da área de estudo. No que tange à metodologia, foi adotado o método hipotético-dedutivo, por acreditar-se uma maior aproximação da realidade com a pesquisa desenvolvida. Com base nas fundamentações da Teoria dos Refúgios da América do Sul, modelos fitogeográficos do Cone Sul e estudos relacionados a temática, foram realizadas inferências no intuito de vincular o táxon com variáveis físicas da área de estudo. Também foi procurado identificar e descrever as iminentes ameaças antrópicas, quando existentes. Na tentativa de melhor entender a dinâmica da paleodistribuição do táxon, foi delineado um panorama hipotético, com base em informações disponíveis na literatura científica. *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae, Cactaceae) foi identificada em 22 populações, plotadas em mapas temáticos, para um melhor entendimento da sua dinâmica de distribuição geográfica. Ao que se pode concluir, a espécie obedece a fatores de ordem geológica (litologia) e geomorfológica (orientação de vertentes). Entretanto, no que trata de aspectos microclimáticos, não foi possível estabelecer uma relação direta. De acordo as informações levantadas, infere-se que esse elemento endêmico da flora regional apresenta distribuição limitada em decorrência das características presentes em setores do relevo. Dessa forma, desde os eventos paleoclimáticos ocorridos no Pleistoceno Terminal no Quaternário, o táxon continua resistindo em forma de ilhas, permanecendo na paisagem atual.

**Palavras-chave:** Biogeografia. Botânica. Endemismo. Geomorfologia. Paleoclimas.



## ABSTRACT

### PHYTOGEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (CACTOIDEAE, CACTACEAE) IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Rodrigo Corrêa Pontes  
ADVISOR: Mauro Kumpfer Werlang

The landscape of Rio Grande do Sul presents a mixture of floristic elements present in its most varied environments. Among these, the Cactaceae family, with few scientific knowledge about distribution patterns at the species level. In order to contribute to this question, the following research had as the main objective to identify and characterize populations of *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae, Cactaceae) in the central region of Rio Grande do Sul, in an attempt to relate the presence of the taxon in the study area with physical variables of geological, geomorphological and microclimatic order. To answer the objectives, fieldwork was carried out to identify populations *in situ*, to obtain primary data about ecology and to collect microclimatic data, which were organized and analyzed later. The delimitation of the study area was established according to the frequency of rocky outcrops and escarpments, isolated hills and dissected valleys, suitable environments for the establishment of cacti. The object area under research is located in the central region of Rio Grande do Sul, between the geographic coordinates at 29° 00 ' and 29° 45' South Latitude and 52° 45 'and 54° 45' West Longitude, with a minimum altitude of 28 meters and maximum altitude of 673 meters. The research was developed from primary data collected according to *in situ* observations and also through a bibliographic survey, where the conceptual framework of this thesis was established, supporting approaches and the characterization of the landscape in the study area. Regarding the methodology, the hypothetical-deductive method was adopted, as it is believed to allow a closer approximation of reality to the research developed. Based on the fundamentals of South American Refuge Theory, phytogeographic models of the Southern Cone and studies related to the theme, inferences were made in order to link the taxon with physical variables in the study area. It was also sought to identify and describe the imminent anthropic threats, when they exist. In an attempt to better understand the dynamics of the taxon's paleodistribution, a hypothetical scenario was outlined, based on information available in the scientific literature. *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae, Cactaceae) was identified in twenty-two populations, plotted on thematic maps, for a better understanding of its geographic distribution dynamic. It can be concluded, the species obeys geological (lithology) and geomorphological (slope orientation) factors. However, with regard to microclimatic aspects, it is not possible to establish a direct relationship. According to the information collected, it is inferred that this endemic element of the regional flora has a limited distribution due to the characteristics present in relief sectors. In this way, since paleoclimatic events that occurred in the Late Pleistocene in Quaternary, the taxon continues to resist in form of islands, remaining in the current landscape.

**Keywords:** Biogeography. Botany. Endemism. Geomorphology. Paleoclimates.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Condições climáticas atuais (A) e paleoclimáticas (B) da América do Sul. ....	35
Figura 2 - Fragmento do mapa de Cabrera e Willik apresentando as províncias fitogeográficas ocorrentes do Rio Grande do Sul. ....	46
Figura 3 - Mapa de distribuição e principais centros de diversidade da família Cactaceae no continente americano e ilhas do entorno. ....	60
Figura 4 - Distribuição do gênero <i>Parodia</i> Speg. (Cactaceae) na América do Sul. ....	68
Figura 5 - Reprodução da fotografia preto e branco da descrição original de <i>Notocactus horstii</i> F. Ritter HU 17 = FR 1269, fotografada em cultura, entre 1964 - 1966. ....	71
Figura 6 - <i>Notocactus horstii</i> F. Ritter HU 17 em plena fase fértil, fotografado em cultivo em 18 de novembro 1966, em Arroio da Seca (atual município de Imigrante), em 18 de novembro 1966. ....	72
Figura 7 - Duplicata colorida do diapositivo original, enviado por Friedrich Ritter a Leopoldo Horst, cujo apresenta o registro fotográfico do dia do descobrimento de <i>Notocactus</i> <i>purpureus</i> F. Ritter FR 1268 = HU 20a, fértil, em 24 de março de 1964. ....	74
Figura 8 - <i>Notocactus horstii</i> var. <i>purpureiflorus</i> F. Ritter FR 1269a = HU 20b, em plena fase fértil, em cultivo, registrado em data indefinida, entre 1966 - 1979. ....	75
Figura 9 - <i>Notocactus horstii</i> f. <i>muglianus</i> K. Herm HU 82 em cultivo, em fase fértil, em Arroio da Seca (Imigrante), em 31 de julho de 1971. ....	78
Figura 10 - Mapa de localização da área de estudo na região central do Rio Grande do Sul. .	84
Figura 11 - Mapa de localização dos perfis topográficos da área de estudo. ....	85
Figura 12 - Perfis topográficos da área de estudo: Sudoeste (SW) - Nordeste (NW) e Oeste (W) - Leste (E). ....	86
Figura 13 - Centros de Ação da América do Sul. ....	93
Figura 14 - Dinâmica do Sistema de Circulação Atmosférica Perturbada na Região Sul do Brasil, apresentando o conflito entre a Instabilidade Tropical (IT) e a Frente Polar (FP). ....	94
Figura 15 - Posição da Frente Polar ao longo do inverno e o verão na América do Sul. ....	95
Figura 16 - Modelo estratigráfico do Grupo São Bento na área de estudo. ....	97
Figura 17 - Vale dissecado próximo a área do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. .	98
Figura 18 - Morro com escarpamento isolado, apresentando em seu entorno remanescente de floresta decídua. ....	103
Figura 19 - Mapa de estradas percorridas durante amostragem na área de estudo. ....	110
Figura 20 - Mapa de pontos amostrados na área de estudo. ....	111
Figura 21 - <i>Datalogger</i> utilizado para coleta de temperatura, modelo Datalogger HT -500 Instrutherm. ....	112
Figura 22 - Mapa de localização dos <i>dataloggers</i> na área de estudo. ....	114
Figura 23 - Mapa de distribuição fitogeográfica de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo. ....	120
Figura 24 - Mapa hidrográfico da área de estudo. ....	121
Figura 25 - Mapa geológico da área de estudo. ....	122
Figura 26 - Mapa hipsométrico da área de estudo. ....	123
Figura 27 - Mapa clinográfico da área de estudo. ....	124
Figura 28 - Mapa de orientação de vertentes da área de estudo. ....	125
Figura 29 - Mapa de vegetação na área de estudo. ....	126
Figura 30 - Mapa de uso e ocupação da terra na área de estudo. ....	127
Figura 31 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto I do período de coleta de 2019. ....	128

Figura 32 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto I do período de coleta de 2019. ....	129
Figura 33 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto II do período de coleta de 2019. ....	132
Figura 34 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto II do período de coleta de 2019. ....	133
Figura 35 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto III do período de coleta de 2019. ....	136
Figura 36 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto III do período de coleta de 2019. ....	137
Figura 37 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor em escarpamento rochoso em Santiago. ....	142
Figura 38 - Escarpamento, cercado por Floresta Estacional Decidual, em Jaguari. ....	144
Figura 39 - Escarpamento em morro isolado próximo a um curso d'água, Toropi. ....	145
Figura 40 - Escarpamento em vale fluvial cercado por Floresta Estacional Decidual. ....	146
Figura 41 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor em fase fértil em São Martinho da Serra. ....	149
Figura 42 - Escarpa abrupta no em um vale em São Martinho da Serra. ....	150
Figura 43 - Escarpa semi-sombreada com elementos xerófilos. ....	151
Figura 44 - Indivíduos adultos de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor na escarpa de arenito. ....	152
Figura 45 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor sobre substrato composto por serrapilheira. ....	154
Figura 46 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor em sua localidade tipo, na escarpa abrupta. ....	155
Figura 47 - Agrupamento de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo junto com <i>Dyckia selloa</i> Baker (Bromeliaceae) em escarpa abrupta. ....	156
Figura 48 - Indivíduos adultos e férteis de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor. ....	158
Figura 49 - Expressiva população com diversos exemplares adultos crescendo com outros representantes xerófilos. ....	160
Figura 50 - Morro isolado, apresentando escarpa abrupta parcialmente arborizada. ....	161
Figura 51 - Indivíduos de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor em plena fase fértil. ....	162
Figura 52 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo entre fraturas da rocha. ....	163
Figura 53 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo junto com outros elementos xerófitos como <i>Dyckia myrostachya</i> Baker e <i>Tillandsia lorentziana</i> Griseb. ....	164
Figura 54 - <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor no escarpamento rochoso entre gramíneas e líquens. ....	166
Figura 55 - Escarpa no topo do morro, contendo espécies xerófilas de distintas famílias botânicas. ....	167

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cartas topográficas abrangidas pela área de estudo. ....	89
Quadro 2 - Valores obtidos de temperatura e umidade relativa do ar dos três pontos amostrais na área de estudo. ....	141
Quadro 3 - Síntese das observações dos habitats localizados com <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo. ....	168
Quadro 4 - Proposta hipotética e reconstrutiva da dinâmica de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor. ....	176



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios e respectivos valores da área territorial total, porção na área de estudo e porcentagem na área de estudo. ....	88
Tabela 2 - Normais Climatológicas de 1961 - 1990 conforme os dados disponibilizados pelo INMET. ....	91



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMP	Anticiclone Migratório Polar
APA	Anticiclone Polar Atlântico
APG IV	<i>Angiosperm Phylogeny Group IV</i>
AT	Amplitude Térmica
ATA	Anticiclone Tropical Atlântico
ATP	Anticiclone Tropical Pacífico
°C	Grau Celsius
CAM	<i>Crassulacean Acid Metabolism</i>
Cfa	Clima Subtropical Úmido
CITES	<i>Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora</i>
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DD	<i>Data Deficient</i>
DKG	<i>Deutsche Kakteen-Gesellschaft</i>
EN	<i>Endangered</i>
ENOS	El Niño Oscilação Sul
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FPA	Frente Polar Atlântica
FP	Frente Polar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICBNafp	<i>International Code of Botanical Nomenclature for algae, fungi and plants</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IT	Instabilidade Tropical
IUCN	<i>International Union For Conservation of Nature</i>
ka AP	<i>kilo-annum AP = milhares de anos antes do presente</i>
km	quilômetro
km <sup>2</sup>	quilometro quadrado
m	metro
MPA	Massa Polar Atlântica
MPV	Massa Polar Velha
MTA	Massa Tropical Atlântica
MTC	Massa Tropical Continental
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SE	Sudeste
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SW	Sudoeste
T	Temperatura
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UHE	Usina Hidrelétrica
UR	Umidade relativa do ar



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>28</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	28
1.2	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	30
1.3	HIPÓTESE	30
1.4	OBJETIVO GERAL	31
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>32</b>
2.1	A DINÂMICA PALEOCLIMÁTICA NA AMÉRICA DO SUL: CONSTITUIÇÃO DE AMBIENTES RELICTUAIS DE FLORA	32
2.2	OBSERVAÇÕES FITOGEOGRÁFICAS SOBRE AS FORMAÇÕES CAMPESTRES E FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL	43
2.3	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A FAMÍLIA CACTACEAE	56
2.3.1	Aspectos relevantes da família Cactaceae	56
2.3.2	A família Cactaceae no Rio Grande do Sul	62
2.3.3	O gênero <i>Parodia</i> Speng.	65
2.3.4	<i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor	69
2.3.5	Considerações ambientais e desdobramentos taxonômicos de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor	78
2.3.6	Status de conservação de <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor	80
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>82</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	82
3.1.1	Clima	90
3.1.2	Geologia	95
3.1.3	Geomorfologia	98
3.1.4	Hidrografia	101
3.1.5	Solos	101
3.1.6	Vegetação	102
3.1.7	Unidades de Conservação	103
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	104
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>118</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO	118
4.2	CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DOS PONTOS I, II e III	128
4.2.1	Características microclimáticas do Ponto I - Santiago	128
4.2.2	Características microclimáticas do Ponto II - Itaara	132
4.2.3	Características microclimáticas do Ponto III - Candelária	135
4.2.4	Variabilidade microclimática entre o Ponto I, II e III	139
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS HABITATS ENCONTRADOS NA ÁREA DE ESTUDO	142
4.4	INFERÊNCIAS ECOLÓGICAS E FITOGEOGRÁFICAS	169
4.5	RECONSTRUÇÃO HIPOTÉTICA DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE <i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor	172
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>178</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>182</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Já em tempos primórdios, a natureza foi objeto de fascinação pelo homem, em suas inúmeras expressões dispersas nos mais variados ambientes do globo terrestre. Montanhas, vales, desertos e florestas atraíram olhares e despertaram a curiosidade humana, característica natural e inata, provocando questionamentos, a fim de obter respostas para o esclarecimento da ordem desses elementos, fenômenos e processos determinantes. A curiosidade, sinônimo de exploração, investigação e aprendizado, apresentou-se como a força majoritária da humanidade diante ao mundo desconhecido.

O estudo fitogeográfico apresenta-se como uma contribuição da ciência geográfica para o entendimento das áreas de distribuição de espécies vegetais na superfície terrestre. A delimitação de áreas, centros de origem, padrões de distribuição, rotas migratórias, decorrem mediante observação e pesquisa de padrões atuais de distribuição continental, podendo ter influência de aspectos de ordem climática, geológica e geomorfológica. Através de uma abordagem reconstrutiva dos arranjos desses elementos da Terra, podem ser evidenciadas singularidades locais, como por exemplo, elementos da flora. Táxons de distribuição restrita ou endemismos são geoelementos que caracterizam as particularidades florísticas de uma determinada região.

O reconhecimento de espécies endêmicas pode nos revelar o quanto frágil e preciosa pode ser uma determinada área geográfica em aspectos botânicos. Ao mesmo tempo induz a busca pela razão da forma de ocorrência não linear, disjunta, fragmentada ou até mesmo isolada. Estudos dessa natureza também possuem notório comprometimento ambiental, podendo auxiliar na mitigação de ameaças ecossistêmicas. Tais esforços visam proteger e viabilizar os indivíduos e suas populações por meio da conservação em habitat, que, ao longo do tempo, podem ou não decorrer em processo de extinção.

Apesar da ocorrência de episódios de extinção em massa, desencadeados por fatores de origem endógena e exógena, acredita-se que após contato antrópico, a extinção passou a ocorrer em taxas elevadas, nunca antes registradas. A crescente perda de diversidade biológica, avaliada através da numerosa extinção de espécies, mostra-se como um dos principais problemas ambientais contemporâneos. O avanço antrópico sobre os ecossistemas naturais pela apropriação, conversão e supressão de áreas naturais coloca em questão a forma de gestão e responsabilidade do homem perante aos elementos da natureza.

A flora do Estado do Rio Grande do Sul apresenta-se repleta em espécies de diversas famílias botânicas, com um variado sortimento de cores e formas exuberantes, sem falar em sua importância ecológica nos seus respectivos ecossistemas. Essa extraordinária biodiversidade instiga a produção de trabalhos científicos, onde estudos buscam uma melhor compreensão sobre tais protagonistas e possibilitem a conservação em habitat, reduzindo o seu risco de extinção.

Dentre muitas famílias botânicas, segundo a literatura científica ressalta-se a Cactaceae, riquíssima em endemismos e frequentemente liderando as listas de espécies mais ameaçadas. Trata-se de um grupo de vegetais suculentos que ostentam formas morfológicas impressionantes, resultado de adaptações funcionais em razão da influência de fatores ambientais que foram condicionados. Ainda, as cactáceas apresentam evidente representatividade em número de gêneros e espécies nas formações naturais sul-rio-grandenses.

Mesmo com a existência de registros científicos desde estudos florísticos de viajantes naturalistas europeus no início do século XIX, são raros os estudos detalhados sobre a família Cactaceae. Dessa forma, são pouco conhecidas sob o aspecto fitogeográfico, principalmente a respeito da diversificação e constituição de seus ambientes ecológicos. Atividades como coleta, construção de barragens, desmatamento, introdução de espécies exóticas, instalação de parques eólicos, expansão agrícola, pecuária extensiva, mineração, turismo, silvicultura colocam em risco a sua existência, tornando-a uma das famílias mais ameaçadas de extinção e prioritárias nas listas de conservação internacional.

Diante desse panorama de degradação ambiental, é de extrema relevância científica a efetivação de pesquisas ambientais que sejam dedicadas a observar, investigar e reconhecer elementos endêmicos da flora e suas áreas de ocorrência e habitats. Constitui-se numa contribuição no aspecto florístico, no âmbito da Biologia, e no aspecto espacial, no âmbito da Geografia. O entendimento sobre a temática da distribuição geográfica das plantas exige do explorador e investigador um conhecimento de diversas áreas da ciência para a conquista dos resultados e conclusões.

Desta forma, este estudo fitogeográfico reveste-se de grande relevância científica para análise ambiental da região central do Rio Grande do Sul. Reúne um esforço multidisciplinar com o intuito de promover uma melhor compreensão sobre a distribuição espacial de um táxon botânico, considerado raro e pertencente ao patrimônio florístico brasileiro.

## 1.2 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

A pesquisa apresenta como problema a investigação e a identificação das populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactaceae), espécie considerada endêmica e pouco estudada na região central do Rio Grande do Sul, Brasil, onde sua distribuição geográfica pode estar relacionada com fatores biológicos, geológicos, geomorfológicos e microclimáticos. Conforme a lista atualizada de táxons ameaçados de extinção do Estado do Rio Grande do Sul (2014) e critérios estabelecidos pela União Internacional pela a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature - IUCN*), organização ambiental internacional responsável pelo estudo da conservação das espécies de flora e fauna, a espécie é considerada como ameaçada em perigo (*Endangered*, - EN).

Táxons endêmicos considerados relictuais encontram-se ameaçados de extinção, devido ao reduzido número de indivíduos e populações existentes. Outro critério considerado é o pequeno número de áreas de ocorrência, sendo que muitas podem já estarem descaracterizadas por intervenções de ordem antrópica.

A realização desta pesquisa justifica-se devido à ausência de estudos fitogeográficos relacionados a espécie escolhida para este estudo, cuja escassa literatura disponível encontra-se nos idiomas alemão e inglês. A investigação busca contribuir com o conhecimento de sua distribuição geográfica, apontar fragilidades, além de relacionar a ocorrência dessa espécie com fatores físicos-climáticos. Também, o trabalho busca fornecer material literário científico com informações fidedignas que possam culminar para a conservação em habitat desse táxon, além de promover o conhecimento e a valorização do patrimônio florístico regional.

A delimitação espacial da área de estudo é fundamentada em razão da existência de afloramentos rochosos, escarpas expressivas, morros testemunhos e vales encaixados associados a redes de drenagem, peculiaridades geomorfológicas onde acredita-se que possam ser os limites de distribuição da espécie, conforme dados fornecidos na literatura. Por fim, o interesse pela temática foi devido à carência de estudos científicos sobre o táxon, com ocorrência possivelmente restrita na região central do Rio Grande do Sul.

## 1.3 HIPÓTESE

Para uma melhor investigação e desenvolvimento, a pesquisa norteou-se na seguinte hipótese: a distribuição fitogeográfica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae,

Cactaceae) obedece a fatores de ordem geológica (litologia), geomorfológica (orientação de vertentes) e microclimática (ressecamento atmosférico promovido pelas variáveis da macroescala como altitude e continentalidade) da área de estudo?

#### 1.4 OBJETIVO GERAL

Investigar, averiguar e caracterizar a distribuição fitogeográfica das populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Cactoideae, Cactaceae), relacionando sua presença na área de estudo com a geologia, a geomorfologia e o microclima local na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

#### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Identificar, inventariar e representar cartograficamente as áreas naturais de ocorrência do táxon em estudo, caracterizando as condições de seus respectivos ambientes, com base em levantamento de dados primários;

b) Analisar e caracterizar as peculiaridades geomorfológicas, litológicas e microclimáticas dos respectivos habitats através das observações obtidas de dados primários, associando-os com a distribuição das populações da espécie em estudo;

c) Verificar uma possível relação das litologias e orientações de vertentes presentes nos habitats encontrados com a distribuição do táxon;

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A DINÂMICA PALEOCLIMÁTICA NA AMÉRICA DO SUL: CONSTITUIÇÃO DE AMBIENTES RELICTUAIS DE FLORA

A paisagem do Rio Grande do Sul apresenta diversas peculiaridades ao tratar de aspectos naturais, com uma variada configuração de feições geomorfológicas presentes no relevo como *canyons*, depósitos de tálus, escarpamentos, morros testemunhos, promontórios rochosos, entre outros. Tais feições podem ser determinantes para a constituição de refúgios ecológicos em tempos presentes, ou seja, ambientes adequados para o estabelecimento de formas exclusivas de vegetação com necessidades específicas de sobrevivência e que em tempos pretéritos possuíam uma ampla distribuição geográfica. Com a quase ausência de estudos regionais que expliquem as dinâmicas de distribuição de elementos da flora atual, adotam-se modelos consolidados a partir de pesquisas realizadas na América do Sul, complementados por trabalhos regionais desenvolvidos a respeito das paleopaisagens do Rio Grande do Sul.

O estudo sobre os refúgios ecológicos na América do Sul baseia-se na proposta de Haffer (1969), amplamente conhecida como a Teoria dos Refúgios. Esse conjunto de idéias, fundamentado em dados paleoclimáticos e paleopalínológicos, busca explicar padrões atuais de biodiversidade e endemismo presentes em formações florestais tropicais da Amazônia. A teoria basicamente constitui-se no estudo das glaciações ocorridas durante o Pleistoceno, na vigência de períodos áridos que influenciaram na desintegração das fitofisionomias no Brasil, particularmente na espacialidade de núcleos florestais nas latitudes médias tropicais, conduzindo-os a contração e ao isolamento geográfico (HAFFER E PRANCE, 2002; BENNETT E PROVAN, 2008; TROPPEMAIR, 2012). Com este retraimento espacial, os refúgios tornaram-se núcleos disjuntos e isolados, onde essa fragmentação atuou como uma barreira geográfica para a continuidade de fluxo gênico entre populações, onde mais tarde passaram a desencadear processos de especiação vicariante, endemismo e até mesmo plena extinção. (HAFFER, 1982; SIMPSON E HAFFER, 1978).

A Teoria dos Refúgios propõe que as mudanças na vegetação seguiram reversões climáticas em virtude dos ciclos Milankovic durante algum período da História da Terra, causando a fragmentação dos centros de origem das espécies e o isolamento de uma parte das respectivas biotas em refúgios ecológicos separados entre si, onde populações de espécies 1 se extinguíram, 2 sobreviveram sem alteração, ou 3 se diferenciaram-se em nível de espécie e subespécie. (HAFFER E PRANCE, 2002, p. 186).

Ab'Saber (1992) ressalta a importância biogeográfica e ecológica da Teoria dos Refúgios, devido a interação de dois campos do conhecimento, a ciência geográfica e a ciência biológica. Através desse modelo hipotético, buscaram-se entender processos evolutivos ocorridos durante o Pleistoceno Terminal (ou Tardio), que deram origem às atuais paisagens neotropicais da América do Sul. A hipótese dos refúgios ecológicos também foi aplicada para explicar a biodiversidade da Mata Atlântica (AB'SABER 1977, HAFFER, 1987; JACKSON, 1978). Posteriormente, estudos desenvolvidos em outras áreas deram suporte a teoria como os trabalhos de Vanzolini e Willians (1970), Vanzolini (1973, 1974), Haffer (1974), Ab'Sáber (1969, 1977a, 1979) e Prance (1982).

A Teoria dos Refúgios consiste em:

Flutuações climáticas da passagem para uma fase mais seca e fria durante o Pleistoceno terminal, a biota de florestas tropicais ficou retraída às exíguas áreas de permanência da umidade, a constituir os refúgios e sofrer, portanto, diferenciação resultante deste isolamento. A expansão destas manchas florestadas tropicais, em consequência da retomada da umidade do tipo climático que se impôs ao final do período seco e mais frio, deixou setores de maior diversidade e endemismos como evidência dos refúgios que atuaram no Pleistoceno terminal (VIADANA, 2002, p. 20-21).

Ao longo do Quaternário sucederam-se diversas modificações de ordem climática na Terra, onde alteraram-se significativamente as dinâmicas atmosféricas continentais e oceânicas, promovendo uma nova configuração nos elementos da paisagem sul-americana. Essas transformações deixaram importantes evidências a serem interpretadas, permitindo-nos a reconstrução desses ambientes, ao menos de forma hipotética.

A respeito do Quaternário:

O período Quaternário, iniciado a 1.8 M.a., corresponde ao momento atual. Durante este tempo, o clima global experimentou flutuações dramáticas, com glaciações periódicas em altas latitudes, acompanhando as mudanças no nível do mar, a produtividade da biosfera, bem como a química da atmosfera e dos oceanos. Intervalos de aproximadamente 100 mil anos e com temperaturas muito baixas (glaciações) intercalaram-se com tempos mais quentes (interglaciais) e de menor duração (cerca de 20 mil anos). Durante o último 0.6M.a., as maiores mudanças ambientais estão associadas às variações do clima, entre os estágios glacial e interglacial, principalmente com relação ao volume do gelo, ao nível do mar, à temperatura, à concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, à distribuição geográfica de plantas e animais, e aos níveis de circulação oceânica e atmosférica (BOLZON E MARCHIORI, 2002, p. 19).

Conforme Haffer (1969), oscilações entre um clima mais frio e seco e um clima quente e úmido predominaram durante o Quaternário. Essas flutuações decorreram de modificações na dinâmica do globo terrestre com o Sol, conhecidas como os Ciclos de Milankovitch, onde

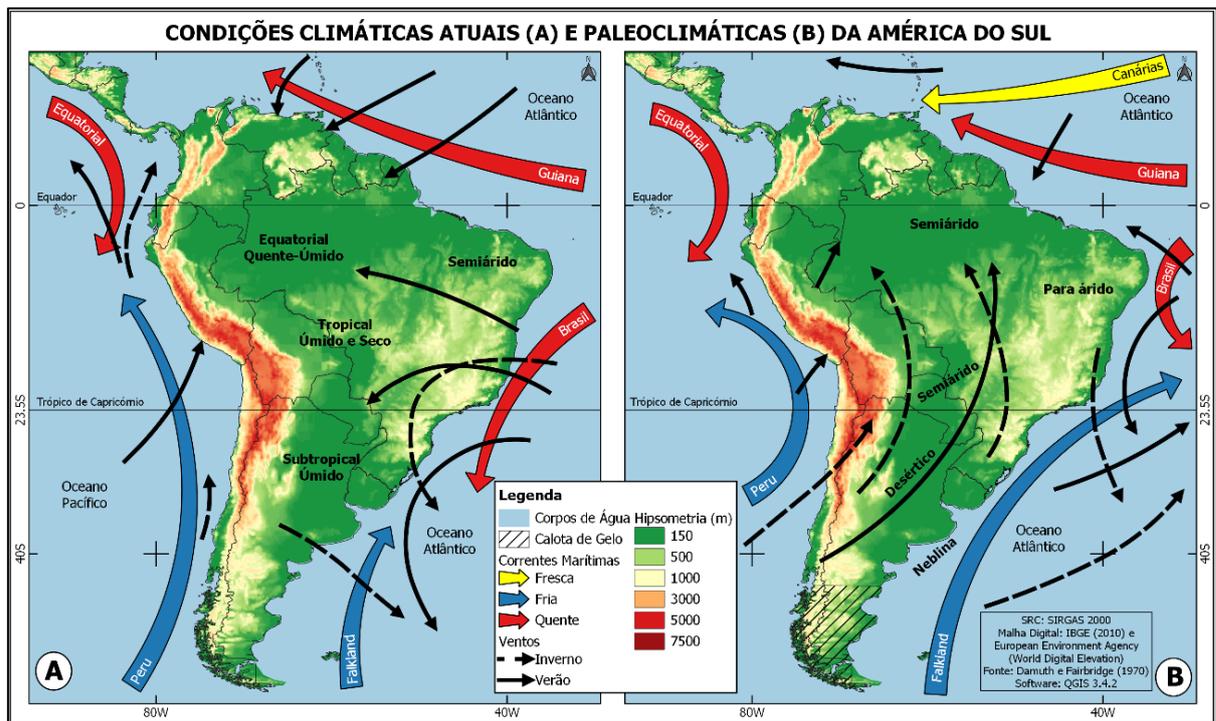
reduziu-se a incidência de radiação solar na superfície terrestre, que por sua vez alterou sistemas atmosféricos vigentes, desencadeando eventos de glaciação. O trabalho de Damuth e Fairbridge (1970) foi pioneiro na tentativa integrada de explicar o processo de ressecamento climático ao longo dos períodos glaciais quaternários. Segundo os autores, a diminuição da radiação solar na Terra afetou a dinâmica de movimentos do anticiclone do Atlântico Sul e na atuação das correntes frias oceânicas, ambos deslocando-se em direção a Linha do Equador.

Segundo Viadana (2002) esse período corresponde com a glaciação de Würm-Wisconsin, reconhecido desta forma devido estudos realizados nas glaciações ocorridas respectivamente na Europa e na América do Norte. Durante esse tempo ocorreu um declínio da temperatura média do planeta, resfriando-o, onde as calotas polares aprisionaram um maior volume de água sob a forma de gelo e as geleiras expandiram-se. Consequentemente, esse mesmo evento acarretou na redução da umidade na atmosfera e também na temperatura, ocasionando o rebaixamento do nível médio dos mares e o recuo da linha de costa. Salienta-se que a redução da temperatura foi mais marcante em grandes latitudes e altitudes, provocando a expansão das geleiras polares.

Desta forma, de acordo com Barnosky (2005), as flutuações climáticas quaternárias foram caracterizadas por ciclos de expansão e retração das geleiras, juntamente com a oscilação de climas frios e secos com climas quentes e úmidos. Com o resfriamento da temperatura do Oceano Atlântico e do Oceano Pacífico, ventos alísios penetraram no continente com menos umidade, promovendo um aumento de aridez na porção continental.

Como resultado destas mudanças climáticas, as correntes marinhas frias tornaram-se mais intensas e predominantes em toda faixa litorânea do Sul e Sudeste do Brasil. A faixa costeira passou a ser influenciada de forma direta pela corrente das Falklands que naquele tempo se estendia até o litoral sul da Bahia. Conforme Bauermann et al. (2011), as massas polares de ar das Falklands também eram mais frequentes e intensas, juntamente com os ventos oriundos da região oeste, originários do anticiclone do Pacífico Sul. Com a predominância da corrente e das massas de ar da região das Falklands, associada com o rebaixamento no nível médio do Oceano Atlântico, uma extensa faixa terrestre estabeleceu-se na costa brasileira, onde antes encontrava-se submersa pelo mar (VIADANA, 2002). Outra mudança significativa foi a substituição do regime de precipitação, que passaram de frontais a convectivas. A Figura 1 apresenta a dinâmica das correntes marinhas e circulação de ventos na América do Sul, durante condições atuais e pretéritas.

Figura 1 - Condições climáticas atuais (A) e paleoclimáticas (B) da América do Sul.



Fonte: Damuth e Fairbridge (1970), com adaptações do autor.

Durante o Pleistoceno Terminal, conforme Ab'Sáber (1977a), duas áreas de formações abertas foram amplamente predominantes na América do Sul. Uma delas foi o Corredor de Savanas Sul-Americanas, abrangendo um conjunto de áreas com características similares, desde a Caatinga, passando pelo Cerrado do Planalto Central e atingindo até a região do Chaco, localizada na Argentina e no Paraguai. A outra área, conhecida como Diagonal Arréica Sul-Americana, consistia em um mosaico de paisagens áridas à semi-áridas da parte ocidental da América do Sul, englobando a Cordilheira dos Andes, áreas austrais da Argentina até a região pampiana do sul do Brasil (Rio Grande do Sul) e todo Uruguai. É importante destacar que, de acordo com Kern (1982), mesmo em períodos glaciais, a cadeia montanhosa da Cordilheira dos Andes desempenhou a função de reter o ar úmido oriundo do Oceano Pacífico, bloqueando sua circulação para o interior do continente e submetendo regiões na parte continental a regimes de aridez extrema. Conforme Ab'Sáber (1977b) o ápice de aridez ocorreu entre 12.000 e 18.000 mil anos atrás.

Segundo Webb (1978) a conexão dessas áreas secas provavelmente desempenhou a função de um vasto corredor árido na parte ocidental da América do Sul, criando vias que possibilitaram o fluxo e dispersão de populações de fauna e flora, que mais tarde migrariam em

períodos de condições climáticas propícias. Ressalta-se que ambas as áreas convergiram para um único ponto de encontro, posicionado na região do Chaco. Ab'Sáber (1977a) sugere um contato da vegetação do domínio das Caatingas com outros domínios secos da Diagonal Arréica Sul-americana durante a fase semi-árida do Pleistoceno. De acordo com Kern (1982) estudos palinológicos do Quaternário são escassos, tornando quase hipotética a reconstrução de rotas migratórias e paisagens deste período.

Os trabalhos de Behling et al. (2004, 2005), Behling e Pillar (2007), Bauermann et al. (2008), Bauermann et al. (2011), Jeske-Pieruschka et al. (2010), Jeske-Pieruschka e Behling (2012), fundamentados em estudos paleopalinológicos no Rio Grande do Sul, corroboram a vigência de um clima árido com ventos fortes durante o Pleistoceno Médio, e que, no decorrer do tempo, as variáveis climáticas sofreram uma certa atenuação na intensidade dos fenômenos, configurando-se mais para um clima semi-árido no Pleistoceno Terminal.

Ao que tudo indica o clima na América do Sul durante o último período glacial (cerca de 13.000 mil anos atrás) era mais frio que no presente, mas os padrões de umidade demonstram grandes diferenças regionais. Evidências mais específicas sobre as mudanças climáticas no passado podem ser encontradas em registros polínicos no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. O clima seria mais frio e seco até 10.000 anos atrás, quente e seco de 10.000 a 8.000 até 4.000 a 3.000 anos passados e mais frio e úmido no período de 3.000 anos até 1.000 anos atrás e finalmente, mais quente e úmido no último milênio (QUADROS; PILLAR, 2002, p. 114-115).

Segundo Prance (1982) e Graham (1986) a alternância entre climas frios e secos (períodos glaciais) e climas quentes e úmidos (períodos interglaciais) ocasionaram reflexos na forma de distribuição da fauna e da flora. Tratando-se de formações florestais, Haffer (2008) sugere que durante o período glacial na região tropical ocorreu um recuo e fragmentação de florestas em áreas pequenas, voltando a estender-se em condições propícias, como no período interglacial. Por outro lado, nas formações florestais subtropicais, de acordo com Haffer (1982) e Walker et al. (2009), ocorreu apenas a retração florestal em direção a Linha do Equador, devido ao congelamento dos pólos. Acredita-se também, que neste período ocorreram as alterações e adaptações das fitofisionomias, ou seja, substituição de uma formação vegetal densa por outra mais adaptada e adequada à nova condição climática, acarretando em novos arranjos fitogeográficos na América do Sul.

Conforme Ab'Sáber (1977a, 1979) e Bigarella (2007), durante o período glacial no Quaternário, na vigência de períodos de climas frios e secos, as formações fechadas (florestas) sofreram um significativo decréscimo devido a perda espacial por competitividade ambiental, retraíndo-se em áreas específicas devido as condições impróprias para sua sobrevivência.

De acordo com Bolzon e Marchiori (2002), nesse período, o contingente florestal esteve confinado e retraído em áreas com elevado índice pluviométrico, em depressões úmidas em fundos de vales, em margens de rios e em matas de galeria. Em regiões de considerável amplitude altimétrica, o processo deu-se no sentido da base para o topo, onde os refúgios restringiram-se em áreas de topo com maior umidade.

Ao mesmo tempo, com as condições climáticas favoráveis de aridificação, as formações abertas (campos, cerrados e caatingas) e seu contingente xerófilo impuseram-se devido as condições sub-úmidas e semi-áridas, expandindo-se e predominando amplamente onde as condições demonstravam-se adequadas em aspectos ecológicos.

Quebrando a alternância de “chão pedregosos com solos decapitados, alguns lajedos de diferentes composições, revestidos por flora rupestre espinhenta, alguns dos quais resistindo às mudanças climáticas para estepe e depois pradarias, sobrevivendo até “nossos dias” (AB’SÁBER, 195, p. 15).

Mesmo em um ambiente favorável, a flora xerófita de formações abertas não promoveu a total extinção da flora higrófita de formações fechadas, prova disso que ainda elementos da flora higrófita ainda estão presentes na paisagem em tempos atuais.

Destaca-se que a intensidade desses fenômenos estava relacionada de acordo com a permanência de cada período climático, considerando a alternância de fases mais secas e fases mais úmidas. Essas sucessivas mudanças climáticas influenciaram na distribuição da vegetação, ocasionando em uma breve duração, contínuas contrações e expansões tanto de formações fechadas (florestas) quanto formações abertas (campos, cerrado, caatinga). Esse processo desencadeou a fragmentação de uma área que uma vez apresentou-se contínua e que aos poucos tornou-se confinada em áreas ainda menores, formando os refúgios ecológicos, onde a permanência das espécies deu-se devido condições adequadas e específicas para a sua sobrevivência. Conforme Vanzolini (1970, 1974) a fragmentação pode ter ocorrido na formação de uma comunidade isolada, sendo que seu contingente florístico pode ter entrado em processo de extinção, evolução ou especiação, sob atuação de pressões ambientais seletivas de variada natureza.

A substituição de florestas mais densas (latifoliadas) por florestas mais ralas (micrófilas), quase de porte arbustivo, proporcionou um ataque mais intenso das intempéries no solo, que passou a receber de forma direta maior incidência de radiação solares, precipitações de ordem convectivas e o ataque pelos ventos mais intensos e frequentes. Esse conjunto de ações promoveram processos denudacionais e erosivos, como pode ser corroborado em

testemunhos edáficos. Assim, de acordo com Bigarella et al. (2003), apesar de ter ocorrido em uma breve escala temporal, a dinâmica ambiental produzida pela oscilação dos paleoclimas durante o Quaternário deixaram evidências na paisagem de caráter ecológico, edáfico e geológico.

E ainda que tais feições tenham sido remodeladas ou semi apagadas, ou mesmo praticamente eliminadas pelos processos morfoclimáticos ulteriores, os seus escombros - inclusos descontinuamente na estrutura superficial das paisagens - terão o valor objetivo de uma correlação a ser historicamente registrada (AB'SÁBER, 1969, p. 17).

Segundo Damuth e Fairbridge (1970) as evidências existentes desses eventos pretéritos são suficientes para associar à fenômenos geológicos e geomorfológicos. Ab'Sáber (1969) sugere que a interpretação dos elementos fisionômicos superficiais presentes na paisagem atual possibilita desvendar os processos que antecederam a constituição das mesmas.

A respeito de evidências edáficas do período árido do Quaternário, o testemunho mais significativo é a presença das linhas de pedra (*stone lines*) em perfis de solo, que consistem em camadas deposicionais sedimentares de cascalhos sub-superficiais com formas angulosas e arestadas, soterradas por material de origem coluvionar e dispostas horizontalmente em encostas de morros, colinas, paleopavimentos detríticos e paleosolos (AB'SÁBER 1959, 1966, 1977a).

Linhas de pedras, do tipo encontrado nas mais diversas regiões do Brasil, ainda que em ocorrências descontínuas. Representativas de chão pedregosos, alternados com setores de solos decapitados (AB'SÁBER, 1995, p. 15).

Conforme Ab'Sáber (1990) haviam diversas interpretações sobre o processo de gênese linhas de pedra, sendo que foram erroneamente associadas a material detrítico oriundo de ação de geleiras e também à eventos de expressivas enxurradas, devido a presença de seixos rolados. Ainda restava um questionamento se essas linhas de pedra eram originárias de cerrados degradados ou de caatingas legítimas. Através de observações nas paisagens do nordeste brasileiro, o referido autor determinou que as linhas de pedra caracterizavam paleopaisagens com a ocorrência típica de solo pedregoso, similar ao encontrado na atual paisagem semi-árida das depressões sertanejas presentes na Caatinga. Desta forma as linhas de pedra foram interpretadas como pedimentos indicadores de ressecamento climático, em razão de um clima de semi-aridez, onde Bigarella (1964) e Ab'Sáber (1966, 1990, 1995) relacionaram a sua gênese

com a última expressiva flutuação climática do Quaternário, ocorrida na fase glacial correspondente a Würm-Wisconsin, no Pleistoceno terminal.

Os autores ainda sugerem hipoteticamente que, devido a rala vegetação presente neste período, o solo encontrou-se desprotegido às intempéries, produzindo esse tipo de material regolítico e que posteriormente foi transportado na forma de solo coluvionar e depositado em depressões. De acordo com Viadana (2002) a distribuição dessas linhas de pedras pode ser observada em várias regiões do Brasil, corroborando com a hipótese de Ab'Sáber (1977a) sobre a presença de vastas áreas de formação aberta, como o Corredor de Savanas Sul-Americanas e a Diagonal Arréica Sul-Americana.

Segundo Bigarella (2007) os produtos detríticos da alteração das rochas constituem a estrutura superficial da paisagem, onde um tipo de solo pode caracterizar uma vegetação específica, da mesma forma que o clima pode ser determinante para configurar a aparência de uma paisagem. Viadana (2002) também compartilha da mesma lógica, onde os elementos superficiais, como espécies vegetais de caráter xerófilo, comportam-se como evidentes bio-indicadores paleoclimáticos, reais testemunhos da vigência de climas áridos em tempos pretéritos. Ab'Sáber (1990) ao observar essas curiosas linhas de pedra em barrancos e encostas de morros, também relacionou-as com a estrutura superficial das paisagens tropicais do Brasil. Apesar das diversas evidências, ainda carecem de explicações a imensa extensão espacial das linhas de pedra nas paisagens úmidas e sub-úmidas.

As mudanças climáticas deram origem a novas condições ecológicas, promovendo o surgimento de novos ambientes e feições na paisagem:

Ocorrem mudanças de marcha nas condições do ambiente/espacos ecológicos/paisagens; horizontes de solo são removidos gradualmente com o fenecimento de biomassas anteriormente predominantes; modificam-se os processos morfogenéticos; inicia-se a formação de novos solos pela transformação sutil dos remanescentes dos solos pré-existentes, ou pelo acréscimo de novos depósitos de cobertura em processo de pedogenização. Milhares de anos de fases harmônicas entre a morfogênese, a pedogênese e a exploração biológica dos espacos geocológicos, são interrompidos por fases agressivas de transformações na superfície dos terrenos, com redução e retração de biomassas anteriormente existentes. Às fases de biostasia sucedem-se fases de desintegração em cadeia das condições ambientais ditas de resistasia. Ao tempo que complexos de vegetação em clímax sofrem o advento de fases disclímax, altamente fragilizadoras, suficientes para a expansão de floras de outras províncias de vegetação (AB'SÁBER, 1992, p. 29-30).

Conforme Ab'Sáber (1977a, 1992) devido condições áridas favoráveis a flora xerófila dispersou-se através dos espacos das formações abertas, das depressões interplanálticas da Caatinga nordestina por vias em direção ao Planalto brasileiro e no corredor litorâneo seco,

formado pelo rebaixamento do Oceano Atlântico. A região da metade norte Planalto Central brasileiro dos Cerrados foi dominada pela Caatinga, onde a partir da metade sul predominou uma paisagem de vastas estepes, pradarias, campos e também núcleos com espécies do gênero *Araucaria* Juss. (Araucariaceae), um elemento de origem antártica que migrou em direção as baixas latitudes. Na parte litorânea, na Serra do Mar, os núcleos florestais ficaram descontínuos e em pequenas áreas restritas, em refúgios com áreas de maior umidade como escarpas úmidas ou depressões em vales (AB'SÁBER, 1977a).

O mesmo autor sugere que o contingente xerófilo teria se expandido através do litoral árido do Sudeste, atingindo o Rio Grande do Sul e até latitudes próximas do Uruguai, penetrando até mesmo em bacias atlânticas, em espaços de formações abertas até encontrar impedimentos ecológicos, como os antigos refúgios florestais no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. De acordo com as observações de Ab'Sáber (1979) grande porção das áreas abertas do Rio Grande do Sul e Uruguai estiveram submetidas aos climas secos do Quaternário, sendo recobertas por formações xerófilas, principalmente por bromeliáceas e cactáceas associadas a uma formação florestal rarefeita e também de aspecto arbustivo.

[...] ficou bem claro, entretanto, por numerosas ocorrências de chão pedregoso, nas mais variadas regiões do Rio Grande do Sul, e em alguns locais do nordeste Uruguai, que houve um período seco (provavelmente frio e seco), responsável por condições paleoecológicas suficientes para expansão de vegetação xerofítica (AB'SÁBER, 1995, p. 17).

Na hipótese de Ab'Sáber (1977a) na porção austral do Rio Grande do Sul, as pradarias úmidas teriam se retraído, predominando a vegetação xerófila oriunda da região do Chaco.

Um mosaico de pradarias entremeado com a cobertura arbustiva e graminosa, pontilhada de arvoretas em bosquetes, de uma vegetação projetada desde o chaco oriental. (AB'SÁBER, 1995, p. 17).

Ainda o autor salienta que em áreas mais elevadas topograficamente do Rio Grande do Sul, Argentina e Uruguai formaram-se refúgios nessas pradarias, em encostas mais úmidas, em partes mais elevadas do relevo, como coxilhas e pequenas serranias. Enfatiza-se que a maior parte das regiões sul-americanas também estiveram relacionada aos Andes, que exerce um importante papel para a migração de espécies tolerantes à seca no Cone Sul da América do Sul.

Em razão da mudança das condições climáticas, na transição do Pleistoceno para o Holoceno, a passagem do período glacial para o interglacial promoveu uma alteração na paisagem. No término do último período seco (cerca de 12.800 - 11.000 anos atrás), ocorreu

uma retropicalização de forma contínua e progressiva, elevando a precipitação pluviométrica, umidade na atmosfera e em consequência, a temperatura. Devido essas condições climáticas, os refúgios florestais foram sendo ampliados ao ponto de se conectarem, resultando em vastos espaços florestados. De acordo com Ab'Saber (1979) esse evento ocorreu durante a principal fase da retropicalização holocênica (ocorrida há 6.000 - 5.000 anos atrás), cuja direção desse avanço se deu da direção norte para o sul, através de duas vias, pela encosta atlântica e pelo o Alto e Médio curso da Bacia do Rio Paraná.

De acordo com Bigarella e Andrade Lima (1982) foram breves as oscilações climáticas, principalmente no que diz respeito da temperatura média anual no Holoceno. O arranjo de variáveis climáticas possibilitou um *optimum climaticum* para o reestabelecimento e predomínio gradativo de formações fechadas (florestas) ao longo dos últimos milênios, que constituiriam as atuais paisagens tropicais e subtropicais.

Com o estabelecimento dessa nova dinâmica, o processo de evolução paisagística inverteu-se, onde a vegetação higrófila antes refugiada passou a avançar a partir de seus núcleos fragmentados e sobrepor-se a vegetação xerófila. Ainda, conforme com Ab'Sáber (1992) o processo de retropicalização foi marcado pelo avanço e ampliação das formações florestais, sendo que o contingente arbóreo não se estabeleceu totalmente na superfície terrestre devido a diversificação de condições ambientais, principalmente em aspectos de caráter biótico, edáfico, geomorfológico e topo/microclimáticos. Assim, espaços com a vegetação xerófila não foram arrasados pelo avanço da vegetação higrófila, permanecendo mesmo que circuncunscrito nessas formações fechadas.

A vegetação arbustivo-arborea xeromorfa, com pequeninhos sítios de cactáceas, alternadas por chão pedregosos, devem ter formado um mosaico predominante de ecossistemas resistentes dos fins do Pleistoceno. (AB'SÁBER, 1995, p. 27).

Outro fator para o não desaparecimento dessas fitofisionomias, de acordo com Viadana (2002), foi que, apesar da reintegração da tropicalidade, haviam espaços com condições microclimáticas essenciais para a manutenção do habitat ecológico desses elementos xerófilos. Rambo (1956) e Marchiori (2002) afirmam que apesar do período climático ser propício para predominância da vegetação higrófila, podem ocorrer ilhas de vegetações abertas inseridas nessa fisionomia, com espécies xerófilas, apresentando-se como relíquias de uma vegetação dominante em tempos pretéritos, sob o regime de um clima árido ou semi-árido. Nessa dinâmica, conforme Ab'Sáber (1992), as áreas remanescentes de vegetação xerófila passaram a tornar-se redutos, com contingente de espécies relictuais que antes predominavam em amplos

ambientes nas fases secas e frias até o Pleistoceno Terminal. Segundo Klein (1975) elementos florísticos presentes na flora atual manifestam estruturas curiosas, adaptados à escassez de água, onde tais aspectos não seriam funcionais em nosso clima atual.

Ainda, de acordo com Ab'Saber (1980), a última manifestação semi-aridez ocorreu há 6.000 - 5.000 de anos atrás, no Holoceno. Esse regresso de condições áridas decorreu de forma distinta dos processos ocorridos no período glacial no Pleistoceno, devido ao aumento da temperatura em função ao avanço parcial elevação do nível médio dos mares, ocasionado pelo aumento da temperatura após o período Würm-Wisconsin. Essa elevação de temperatura promoveu uma redução significativa das atividades das massas polares e consequentemente as atividades de precipitação resultantes das massas de mar. Essas mudanças foram mais intensas em algumas regiões tropicais e subtropicais, tornando mais áridas algumas compartimentações rebaixadas de planaltos, como depressões periféricas e interplanálticas. Apesar de vários testemunhos geológicos, geomorfológicos e paleoclimáticos de eventos de climas frios e secos na América do Sul, não há indícios de significativas fases secas após 5.000 anos no Sul do Brasil (MARCHIORI E BOLZAN, 2002).

Sobre as paisagens do Rio Grande do Sul, Hauck (2009) faz uma interessante observação, mencionando a ocorrência simpátrica de gêneros também presentes na Caatinga brasileira com gêneros oriundos do Chaco da Argentina e do Paraguai. Conforme a hipótese proposta por Ab'Sáber (1977a, 2006), mescla de elementos que migraram de distintas regiões florísticas, principalmente das famílias Bromeliaceae Juss. e Cactaceae Juss., revela-se como uma zona de contato de Corredor de Savanas Sul-Americanas e a Diagonal Arréica Sul-Americana, prova irrefutável de que tais formações abertas estenderam-se até regiões austrais.

A presença de paisagens de exceção são ocorrências isoladas em aspectos físico-ecológicos contidas na paisagem usual, podendo ser caracterizadas, conforme Ab'Sáber (2003) em distintas tipologias como enclave, relicto, reduto, refúgio.

De acordo com o referido autor, enclave trata-se de um conceito consolidado e embasado nos conhecimentos da Teoria dos Refúgios, onde faz referência a um ecossistema específico de outra província fitogeográfica presente no interior de um domínio de natureza completamente diferente. Sugere a idéia da presença de corredores ecológicos, por onde as espécies migraram em tempos pretéritos. Ainda, o mesmo autor define expressão relicto, que designa-se para qualquer espécie vegetal presente em uma determinada localidade, envolta por várias partes de outro ecossistema. Veloso et al. (1991) distingue enclave de relicto, onde o enclave seria uma vegetação incrustada entre duas regiões ecológicas e relicto qualquer vegetação distinta do contexto da flora dominante em uma região ecológica. É importante frisar

que nem todos enclaves presentes nas paisagens atuais, são oriundos da condição árida do Pleistoceno Terminal, podendo ser originários de outra época, como de todo Quaternário ou até mesmo de tempos passados do Cenozóico. Ainda, Ab'Sáber (2003) define reduto como a área atual onde está inserida a vegetação que se expandiu no passado da última fase seca pleistocênica e, devido o retorno da tropicalização, não foi capaz de competir, ficando separada em pequenos espaços que reproduzem as necessidades de sobrevivência, permanecendo na paisagem como um ecossistema em menor escala ou apenas em associação de indivíduos relictuais. A expressão reduto não se aplica apenas para presença de elementos xerófitos inseridos dentro de formações florestais atuais, mas à todos os elementos migratórios durante a fase de mudança climática, sejam eles elementos andinos, antárticos, chaquenhos, pampeanos, etc.

Por último, o termo refúgio, conforme Ab'Sáber (1992), o conceito original forjado na Teoria dos Refúgios, já apresenta uma temporalidade pleistocênica, referindo-se a área de retração da vegetação florestal, confinada em áreas mais úmidas. Mueller (1977) define refúgios de outra forma, como sendo área florestais ou não, onde as espécies permaneceram de forma isolada em espaços restritos dentro de outras áreas com condições ambientais adversas para sua expansão.

Com base nesses conceitos, a vegetação xerófita enquadra-se na categoria de relictos, ou seja, uma paisagem de exceção, pois apresenta características morfológicas e exigências para a sua sobrevivência distintas das necessárias em relação à vegetação do seu entorno. Assim, o conjunto de elementos superficiais de ordem ecológica (aridez, presença de xerófilas, enclaves, redutos, refúgios e relictos) e de ordem geológica (linhas de pedra, paleossolos, pedimentos) condizem com as oscilações climáticas do Quaternário, tornando-se as principais evidências para o entendimento do atual arranjo da vegetação xerófila na paisagem do Rio Grande do Sul.

## 2.2 OBSERVAÇÕES FITOGEOGRÁFICAS SOBRE AS FORMAÇÕES CAMPESTRES E FLORESTAIS NO RIO GRANDE DO SUL

O estudo da vegetação do Rio Grande do Sul necessita de algumas considerações detalhadas para um melhor entendimento de sua dinâmica, distribuição espacial, e do meio físico. A coexistência de formações campestres e florestais apresenta-se como um complexo mosaico na vegetação sulina. O conflito entre essas duas fitofisionomias, o fluxo de elementos pertencentes a outros centros florísticos e o surgimento de endemismos marcam essa dinâmica pela conquista de um mesmo espaço geográfico, onde são especuladas origens e conexões. Essa

combinação vegetacional despertou indagações dos primeiros viajantes naturalistas que excursionaram nos ecossistemas gaúchos durante as duas metades do século XIX.

No Brasil do Sul é incontestável a manifestação de um contraste marcadíssimo, tanto na fisionomia quanto na natureza física, entre a mata virgem e as partes campestres, despidas de mata. A existência de ambas, no Rio Grande, pode-se explicar; mas o seu aparecimento, uma ao pé da outra, em alternância repetida dentro de regiões estreitas, é um fenômeno tão admirável como a figura de Janus, de rosto duplo, dos povos antigos. (LINDMAN, 1906, p. 179)

Marchiori (2002), destaca o pioneirismo de observações e registros realizados nas viagens de Auguste de Saint Hilaire (de 1820 à 1821), Friedrich Sellow (de 1823 à 1826), James Tweedie (em 1832), Arsène Isabelle (de 1833 à 1834), Aimé Bompland (de 1831 à 1854), Robert Avé Lallemand (em 1858), Herman von Ihering (em 1880), Gustaf Malme e Carl Axel Magnus Lindman (de 1892 à 1893), entre outros. Ao percorrerem a paisagem sulina, em diferentes períodos, esses nobres pesquisadores firmaram importantes contribuições e testemunhos que hoje nos servem de embasamento para o estudo da vegetação e da paisagem natural do Rio Grande do Sul.

A curiosa mistura de elementos de caráter arbóreo, arbustivo e herbáceo levantaram questionamentos a respeito dos processos determinantes sobre a constituição de tais arranjos naturais, como podem ser constatados nas obras de Lindman (1906) e Rambo (1951, 1953, 1956), ambos notórios botânicos que se dedicaram ao estudo da vegetação regional do Rio Grande do Sul. Significativas observações complementares para o entendimento desses processos fitogeográficos podem ser conferidas nas obras de Klein (1961, 1984), Hueck (1972), Reitz et. al (1983), Marchiori (2002, 2004, 2006) e Waechter (2002). Outro fato interessante que foi levantado é a predominância de áreas campestres em um clima vigente desfavorável. Em sua famosa obra “Volta ao Redor do Mundo”, Charles Darwin propõe questionamentos sobre a ausência quase que total de espécies arbóreas em terras austrais no Uruguai, sem apontar uma causa concreta para a ocorrência de tal fenômeno (MARCHIORI, 1992).

Inicialmente, ressalta-se que, de acordo com Waechter (2002), o Rio Grande do Sul encontra-se inserido no Reino Neotropical. Segundo o trabalho de Cabrera e Willink (1973), são reconhecidas quatro regiões biogeográficas na América Latina, divididas em domínios, províncias e distritos.

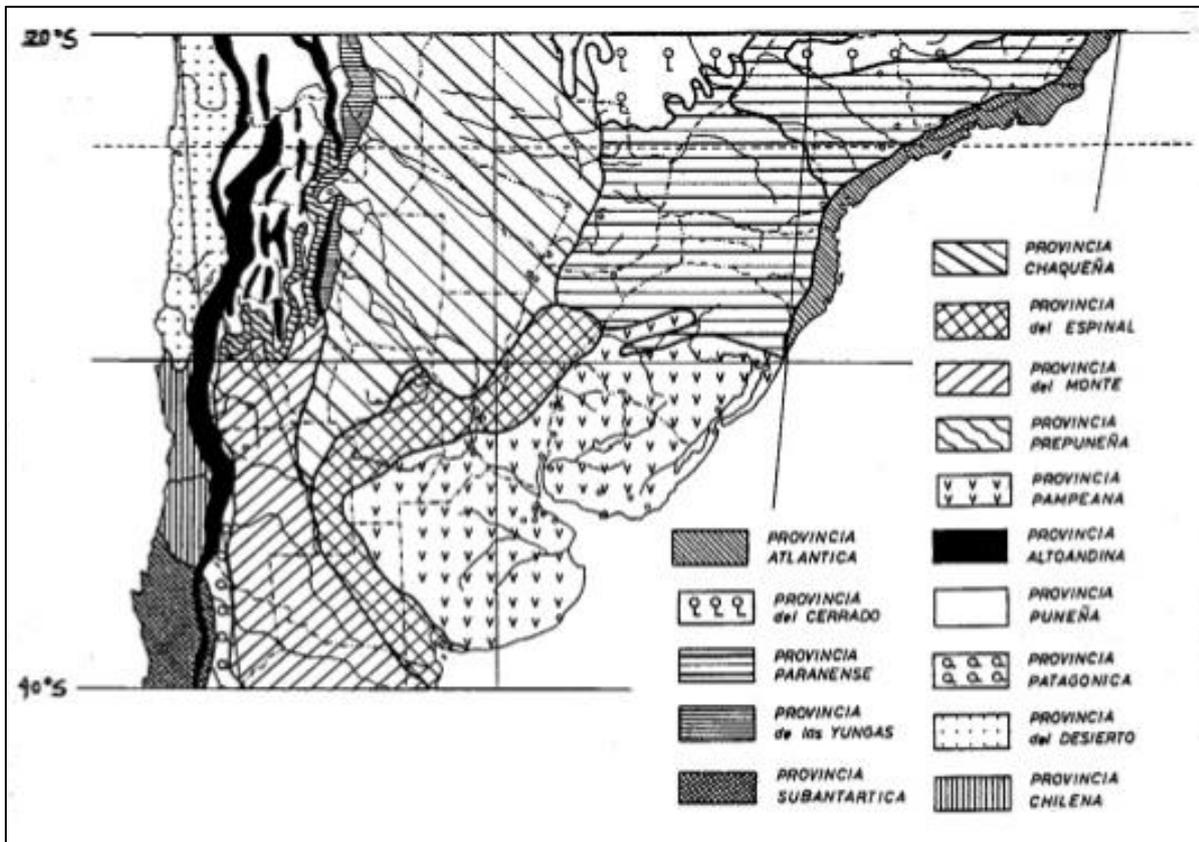
Baseada em fundamentos da Fitogeografia, as províncias são consideradas áreas caracterizadas por gêneros e espécies endêmicas de plantas. Com base nesse critério de ordenamento fitogeográfico proposto pelos autores, no Rio Grande do Sul as áreas florestais

(ou formações fechadas) são reconhecidas em sua totalidade como Domínio Amazônico, onde divide-se em: a) Província Atlântica (encostas orientais das montanhas no litoral, especificamente na porção nordeste do Rio Grande do Sul) e b) Província Paranaense (à oeste da Serra do Mar, Serra Geral até o centro do Rio Grande do Sul), subdividida em Distrito dos Pinhais (porção oriental do planalto, em áreas mais elevadas, de clima mais frio e úmido), Distrito das Selvas (porção ocidental do planalto, florestas estacionais sul-brasileiras ao longo dos rios Paraná e Uruguai), Distrito dos Campos (campos no planalto sul-brasileiro, como Campos de Cima da Serra e Campos do Planalto Médio) e Distrito Serrano (pontos mais elevados, mais precisamente na transição com a Província Atlântica).

De acordo com Marchiori (2002) as formações florestais no Rio Grande do Sul concentram-se na metade norte do Rio Grande do Sul, cobrindo áreas de relevo dissecado no curso médio e superior do Rio Uruguai, encostas dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, ao norte da Depressão Periférica Sul-rio-grandense também como parte na região da Planície da Lagoa dos Patos e da Lagoa Mirim. As áreas campestres (ou formações abertas) do Rio Grande do Sul são reconhecidas por Cabrera e Willink (1973) dentro do Domínio Chaquenho, divididas em: a) Província do Espinal (extremo oeste do Rio Grande do Sul), subdividida em Distrito do Ñandubay e Distrito do Algarrobal, ambas representadas por bosques xerófilos e b) Província Pampeana (metade sul do Rio Grande do Sul), subdividida em seis distritos, onde na fitofisionomia do Rio Grande do Sul apenas se enquadra o Distrito Uruguayense. A nível de esclarecimento, apesar da diferença de critérios para a determinação de áreas biogeográficas, a Província Atlântica junto com a Província Paranaense e a outra área representada Província do Espinal reunida com Província Pampeana, conforme a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004), correspondem respectivamente as áreas do Bioma Mata Atlântica e do Bioma Pampa.

Para Cabrera e Willink (1973) o Domínio Chaquenho (e suas seis províncias: da Caatinga, Chaquenha, do Espinal, Pré-Puna, do Monte e Pampeana) atualmente ocupa áreas disjuntas e que, de forma hipotética, talvez estivessem unidas no passado, com predominância de bosques xerófitos, rico em gêneros das famílias Bromeliaceae (*Dyckia* Schult.f.) e Cactaceae (*Cereus* Mill., *Echinopsis* Zucc., *Gymnocalycium* Pfeiffer ex Mittler, *Opuntia* Mill. e *Parodia* Speg.). Ab'Saber (1977) e Brown Jr. e Ab'Saber (1979) também acreditam na hipótese de que tais áreas fragmentadas hoje poderiam estar conectadas no passado. Com base no mapa fitogeográfico (Figura 2) apresentado por Cabrera e Willink (1973) na região central do Rio Grande do Sul encontra-se em uma zona de contato entre a Província Paranaense e a Província Pampeana, no caso desta última, a subdivisão do Distrito Uruguayense.

Figura 2 - Fragmento do mapa de Cabrera e Willik apresentando as províncias fitogeográficas ocorrentes do Rio Grande do Sul.



Fonte: Cabrera e Willik (1973).

Quadros e Pillar (2002), utilizando a proposta classificação da vegetação de Veloso et al. (1991), onde a Província Paranaense equivale-se a Floresta Estacional Decidual, sugerem a distribuição geográfica dessa formação florestal, caracterizada por espécies decíduas pertencentes aos gêneros *Apuleia* Mart., *Parapiptadenia* Brenan, *Enterolobium* Mart., entre outras ocorrendo ao longo do leito do rio Paraná e Uruguai e adentrando pelo norte e noroeste do Rio Grande do Sul. Segundo as observações de Marchiori (2002) pouco resta dessas formações originais devido a atividades antrópicas desenvolvidas pelos imigrantes europeus e que posteriormente implantaram práticas voltadas a agricultura e pecuária. A outra área fitogeográfica, a Província Pampeana, segundo Quadros e Pillar (2002) baseado na classificação de Veloso et al. (1991), corresponde a fitofisionomia de campos, são caracterizadas pelas famílias botânicas Asteraceae Bercht & J. Pres, Cyperaceae Juss., Fabaceae Lindl., Myrtaceae Juss., Poaceae Barnhart, Rubiaceae Juss, entre outras.

Lindman (1906) relaciona a diversidade florística campestre e seus variados ecossistemas à sua antiguidade perante as formações florestais, onde os campos são tratados como verdadeiras relíquias. Conforme Deble (2011) as formações campestres, pelo fato de serem mais antigas do que as formações florestais, dispuseram de mais tempo para desencadear os processos evolutivos como vicariância e especiação, promovendo uma riqueza em número de espécies, muitas delas raras e endêmicas.

Marchiori (2004) corrobora que as interpretações expressas por Lindman tratam os campos nativos como formações primitivas e relictuais, resultantes de climas pretéritos com uma maior aridez do que a condição climática presente, coincidindo com os eventos paleoclimáticos ocorridos entre o Pleistoceno e Holoceno. A primordial obra de Rambo (1956) e as observações realizadas por Marchiori (2002) propõem que a vegetação do estado do Rio Grande do Sul encontra-se em um período transitório induzido pelos padrões climáticos firmados entre os períodos do Pleistoceno e do Holoceno, há cerca de 12 mil anos atrás.

Os campos do Rio Grande do Sul devem ser entendidos como relictos de climas frios e secos, acontecidos no Quaternário, que possibilitam a sobrevivência desses nichos terciários, por um lado e por outro a sua expansão. (MARCHIORI, 1992, p. 79).

Em outra obra, o mesmo autor explica brevemente a dinâmica paleoclimática ocorrida no Quaternário:

O final do Pleistoceno foi marcado pela vigência de longo período glacial. No início do Holoceno, verificou-se um aumento significativo da temperatura e umidade no sul do Brasil, sendo o “ótimo climático” alcançado entre 5.000 e 4.000 anos A. P., correspondendo ao pico da transgressão marinha iniciada em torno de 6.700 anos AP. O aumento significativo da temperatura e umidade propiciou a expansão da Floresta Atlântica, a partir de latitudes mais baixas e de refúgios ecológicos. Para a América do Sul, os dados geológicos, geomorfológicos e paleo-climáticos indicam a vigência de clima mais frio e seco nos intervalos de 4.000 a 2.000 A. P., e de 1.500 a 400 anos. Em cada um desses intervalos, as florestas tropicais, em retração, sobreviveram em pontos isolados, ditos refúgios, cedendo locais a savanas, estepes e paisagens áridas (MARCHIORI, 2006, p. 17)

Desta forma, as flutuações climáticas foram caracterizadas por atividades como:

O nível de mar baixo do Pleistoceno acarretou um clima seco devido ao afastamento da linha de costa; as massas de ar polar seriam mais intensas e frequentes, ocasionando a queda geral de temperatura média. Nos Andes ocidentais, a aridez pleistocênica é atribuída a intensidade do Anticiclone do Pacífico Sul que bloqueava os ventos de oeste, responsáveis pela umidade da região. No Holoceno, com o evento marinho transgressivo, houve atenuação climática devido a maior umidade aliada e menor intensidade das massas de ar polar. O Holoceno tardio e o período de maior umidade, possivelmente devido a oscilação El Niño, também já documentada para os Andes ocidentais. (BAUERMAN et al., 2011, p. 14).

Segundo Ab'Saber (1971) o contingente dos campos do sul do Brasil formou-se entre o Quaternário inicial e o Terciário médio, onde, segundo o referido autor, não existiam florestas subtropicais de galerias nas pradarias, diferente das condições atuais que conhecemos hoje. De acordo com Bauermann et. al (2011) durante este período ocorreu o predomínio dos campos do sul do Brasil e Uruguai, com a ampla presença de formações campestres constituído de elementos herbáceos durante um clima frio e seco até início do Holoceno com a ausência de elementos arbóreos.

Segundo Marchiori (1992) as sucessivas mudanças climáticas foram os aspectos mais marcantes no período Quaternário, onde a vegetação sofreu grande influência devido à alternância de períodos glaciais (climas frios e secos) e interglaciais (climas mais brandos, quente e úmido). A hipótese para tais flutuações paleoclimáticas foram fundamentadas em estudos palinológicos do final do Pleistoceno e início do Holoceno, desenvolvidos por Haffer (1969) e também baseadas em observações zoológicas de répteis conforme Vanzolini e Williams (1970). Conforme Potts e Behrensmeyer (1992), ocorreram cerca de 27 ciclos ao longo do Quaternário na América do Sul. De acordo com Behling et. al (2004, 2005) e Bauermann et al. (2011), em estudos desenvolvidos no Rio Grande do Sul, baseados em registros paleopolínicos, fitólitos e partículas de carvão preservados em sedimentos, apontaram a predominância de amplas formações campestres do Pleistoceno até o Holoceno médio, onde neste último, já começa a ser identificado expressivos registros polínicos de formações florestais. Ab'Sáber (1995, p. 15) nos fornece uma hipótese paleoambiental, que “entre setores pedregosos e os não pedregosos do passado, devem ter existido coberturas arbustivas ou arbustivas-arbóreas, extensivamente eliminadas durante as mudanças climáticas dos últimos 12.700 anos”.

Conforme Marchiori (2004), a distribuição de campos e florestas são formações resultantes a climas antagônicos e que a existência de ambas ocorre em razão de sua biologia e sua relação com o relevo. Assim, os campos seriam resultantes da combinação de fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos. Ab'Sáber (1995) relaciona a presença de uma flora xerófila e espinhenta com afloramentos e pavimentos rochosos, bolsões arenosos, cornijas e até mesmo dunas.

Marchiori (2006) cita que durante períodos glaciais, as formações abertas conquistaram espaços de áreas florestais, principalmente em baixas latitudes e nos períodos interglaciais, ocorria o contrário, onde as formações florestais avançaram sobre as áreas abertas, substituindo estepes e savanas. Sobre as expansões florestais:

Um período de curta duração dos meados do holoceno (de 6.500 a 5.500 anos A. P.), que projetou ambientes tropicais ou pró-tropicais para o Rio Grande do Sul, responde pelo adensamento das matas da Serra e florestas de galerias da metade sul do território gaúcho. Houve, logo, um recuo desse espasmo de tropicalidade, mas restaram condições ambientais, baseadas na constância das chuvas e umidade suficientes para manter as coberturas vegetais projetadas para o Sul (AB'SÁBER, 1995, p. 30).

A respeito desta interação natural de formações campestres e florestais, Lindman traz uma importante observação:

Os campos do Rio Grande, pelo que pude ver, nunca são exclusivamente campos arbustivos, prados, pastagens, gramados, estepes ou, em outros termos, nunca são completamente destituídos de árvores. Seria certamente difícil encontrar uma só milha quadrada em que não entrasse na paisagem um grupo de arvores ou uma parte floresta (LINDMAN, 1906, p. 115).

Ainda Marchiori e Alves (2010), mencionam que verdadeiras espécies arbóreas podem estar incluídas no contingente da flora campestre. Rambo (1956) reconhece um intervalo sistemático entre a flora campestre e a silvática. Marchiori e Alves (2010) mencionam a rica diversidade florística dos campos, com a presença de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, características essas incomuns nas espécies arbóreas presentes nas florestas nativas. Outro ponto a ser ressaltado é a presença de elementos da flora Andina, Antártica, Chaquenha, Holártica, Neotropical e Flora das Montanhas, que conforme Marchiori (2006) teriam migrado núcleos através de corredores florísticos promovidos em períodos favoráveis.

Conforme Boldrini (2009), o Bioma Pampa possui cerca de 2.200 espécies, endêmicas ou ameaçadas de extinção, representadas principalmente por espécies das famílias Amaranthaceae L., Asteraceae Bercht & J. Pres., Bromeliaceae Juss., Cactaceae Juss., Fabaceae Lindl, Poaceae Barnhart, entre outras. Sem dúvida, ao longo dos anos novos táxons foram acrescentados a esse número. Em adição, a referida autora ainda relaciona a riqueza florística à antiguidade dos campos no espaço regional. Marchiori (1995) caracteriza os campos sulinos através de gêneros de gramíneas (*Agrostis* L., *Andropogon* L., *Aristida* L., *Axonopus* P. Beauv., *Eragrostis* Wolf., *Panicum* L., *Paspalum* L.), compostas (*Achyrocline* (Less.) DC., *Baccharis* L., *Eupatorium* L., *Senecio* L., *Vernonia* Schreb.), mirtáceas (*Campomanesia* Ruiz & Pav., *Eugenia* L., *Hexaclamis* O. Berg, *Psidium* L.), leguminosas (*Mimosa* L.), bulbosas (*Habranthus* Herb., *Hippeastrum* Herb., *Zephyranthes* Herb.), íris-do-campo (*Alophia* Herb., *Calydorea* Herb., *Cypella* Herb., *Cizyrinchium* L.), entre outros.

De acordo com Ab'Sáber (1971) a porção sul do Brasil se comportou como uma característica desértica durante o Cretáceo Inferior. Com o aumento da precipitação e temperatura a aridez foi atenuada, desencadeando o surgimento de uma vegetação típica de

semi-deserto e constituindo uma flora distinta e singular se comparada com os grupos vegetais que conhecemos atualmente. Desta forma, as áreas campestres, apresentam-se como a mais antiga fitofisionomia expressa em nossa paisagem do Rio Grande do Sul, consideradas verdadeiras relíquias resultantes da dinâmica paleoclimática. Tais processos teriam ocorrido entre o período transicional do Pleistoceno para o Holoceno, onde o período frio e seco foi paulatinamente sucedido por um período quente e úmido, promovendo o avanço do contingente florestal.

As diferenças de comportamento entre árvores e gramíneas favorecem a interpretação dos campos sulinos como formações relictuais, por estes não disporem de vantagens adaptativas, em relação às florestas, no vigente clima ombrófilo. O umedecimento e aquecimento do clima, verificados no Holoceno, propiciou a expansão florestal sobre antigas áreas campestres, tanto a partir de eventuais refúgios, sobreviventes da longa fase xerotérmica, no último período glacial pleistocênico, como de áreas florestais situadas mais ao norte, seguindo nesse caso, duas rotas migratórias: pela via litorânea e pelo interior do continente, ao longo dos vales dos rios Paraná e Uruguai (MARCHIORI, 2004, p. 19).

Segundo Ab'Sáber (1971) o contingente dos campos do sul do Brasil formou-se entre o Quaternário inicial e o Terciário médio, onde, segundo o referido autor, não existiam florestas subtropicais de galerias nas pradarias, diferente das condições atuais que conhecemos hoje.

Conforme Waechter (2002), elementos pertencentes à flora chaquenha, como os gêneros *Trithrinax* Mart. (Arecaceae Bercht & J. Presl.), *Dyckia* Schult. f. (Bromeliaceae Juss.), *Echinopsis* Zucc., *Frailea* Britton & Rose, *Gymnocalycium* Pfeiffer ex Mittler e *Parodia* Speg. (Cactaceae Juss.) possivelmente se estenderam da Província Chaquenha (Argentina e Paraguai) até o Rio Grande do Sul. Sugere-se que tais protagonistas migraram por rotas durante um período propício para o seu avanço, tempos áridos no passado geológico, onde, em um primeiro momento, acabaram colonizando amplamente em ambientes adequados para sua sobrevivência como afloramentos e escarpamentos rochosos, solos arenosos ou pedregosos e até mesmo formações arbóreo-arbustivas mais ralas.

Ainda sobre elementos chaquenhos, outra interessante observação fitogeográfica deve ser considerada:

Na “Província dos Campos Sulinos”, merece especial destaque o contingente Chaquenho ou das “Planícies Ocidentais”. Apesar de sua antiguidade na região, comprovada pelo acervo paleobotânico do sudoeste gaúcho, tais elementos podem resultar de um desdobramento de troncos andinos e brasileiros, ocorridos nas vastas planícies do centro-norte argentino após as transgressões marinhas (MARCHIORI, 2006, p. 35).

Ab'Sáber (1995, p. 29) relata que “é comum encontrar nesses pontos de afloramentos de arenitos silicificados (ou pelo menos mais resistentes), mini refúgios de cactáceas e bosquetes relictuais de uma vegetação chaquenha rupestre. Marchiori (2004) faz referência a *Trithrinax brasiliensis* Mart. (Arecaeae), elemento chaquenho e relictual existente na paisagem do Rio Grande do Sul:

Cabe salientar que a presença da espécie nestes locais assume um grande interesse fitogeográfico, pois certamente antecede a invasão holocênica da floresta pluvial na região, a semelhança da criúva (*Leucothoe eucalyptoides*) e da *Schaefferia argentinensis*), constituindo verdadeiras relíquias do período xerotérmico pleistocênico junto às florestas Estacional, Atlântica e mista (MARCHIORI, 2004, p. 76).

A obra de Lindman (1906) menciona elementos xerófitos existentes na flora do Rio Grande do Sul, dentre elas representantes da família Cactaceae. Rambo (1956), de forma mais breve, também cita cactáceas em seu estudo fitogeográfico sobre a vegetação do Rio Grande do Sul. Ainda na mesma obra, o referido autor também relata a vegetação espinhenta presente dos morros e morrotes nas formações abertas da Depressão Periférica Sul-rio-grandense:

Ao pé dos paredões, as sociedades silváticas se abrigam a sombra dos rochedos, que lhes fornecem solo humoso e água em abundância. Sobre os próprios rochedos verticais alinham-se os litófilos, cactos redondos em forma de ouriço (*Echinocactus*), tunas colunares (*Cereus*) e gravatás (*Dyckia*) e um mundo de líquenes crustosos e foliáceos (RAMBO, 1956, p. 129).

Ab'Sáber (1995) contribui com suas observações a respeito da presença de cactáceas encontradas durante suas incursões, em distintos paisagens no Rio Grande do Sul:

As lentes de arenito silicificado, de exposição muito eventual e descontínua, foram ressaltadas por ocasião do último período frio e seco que afetou o território gaúcho. Época de formação de chão pedregoso descontínuo e de grande presença de cactáceas, hoje detectáveis por mini-refúgios de mandacarus. Trata-se de relictos muito esparsos que ocorrem em sítios tão variáveis quanto os interstícios de matações graníticas da margem do Guaíba, reaparecendo isoladamente até o nordeste do Uruguai. Na Campanha do Sudoeste aparecem mandacarus por entre bosquetes de vegetação chaquenha remanescente (em Alegrete). Ou na base de pequenas cornijas, escalonadas em raras vertentes (Santiago). Ou ainda, isoladamente, a partir do chão pedregoso mal coberto por solos recentes (Campanha de Vila Nova). Para não falar de diferentes tipos de “cardos”, dispersos na vegetação psamófila de dunas fixas, não reativadas. (AB'SÁBER, 1995, p. 14.)

Como podemos observar, as composições relictuais estão diretamente relacionadas a uma formação aberta, ou seja, campestre, devido às necessidades fisiológicas de sobrevivência

e onde predominam elementos xerófitos adaptados a aridez, escassez de nutrientes e elevados índices de insolação e temperatura.

Em sua publicação, Lindman (1906) relata a presença de características de xerofilia em variadas espécies vegetais campestres com base na existência de adaptações morfológicas para a exposição solar plena, redução da transpiração e elevados índices de aridez e temperatura. Marchiori (2004) sugere que, para deduzir a distribuição da vegetação, neste caso da transição campo - floresta, é essencial dar ênfase na biologia dos táxons específicos dessas tais áreas geográficas.

Alguns aspectos morfo-fisiológicos são possíveis de serem observados, revelando uma série de evidências, onde acredita-se que os vegetais foram submetidos a períodos de clima seco em tempos pretéritos. Holz (2003) afirma que as mudanças no tipo de ambiente ocorrido em tempos pretéritos podem ter relação direta na forma de distribuição e na expressão morfológica da vegetação. Desta maneira, inúmeras espécies adaptaram-se e adquiriram estruturas adequadas que possibilitaram sua sobrevivência em uma condição adversa e desfavorável nos mais incomuns nichos ecológicos. Marchiori (2004) também destaca que tais características morfológicas de adaptação ambiental, no caso o xeromorfismo, apresentam-se inadequadas às condições climáticas vigentes.

Segundo Rambo (1956) diversas adaptações morfológicas são existentes nas espécies rasteiras e subarbusivas, como por exemplo, folhas coriáceas, presença de pilosidade, redução da superfície transpiradora, óleos voláteis, etc. Marchiori (1992, 1995, 2004) ainda cita outras adaptações como plantas com o tronco suculento (armazenamento água em seus tecidos celulares), a presença folhas pequenas (microfilia) ou até mesmo a ausência das mesmas (afilia), folhas modificadas em espinhos, tecidos bem desenvolvidos, cutícula espessa, espesso indumento de órgãos aéreos, epiderme reforçada de estômatos aprofundados, a presença de óleos essenciais e flores grandes e vistosas. O mesmo autor ainda menciona estruturas subterrâneas modificadas de reserva como bulbos, rizomas e até mesmo xilopódios, verdadeiros caules modificados de muitas espécies de mirtáceas. Essas estruturas desempenham a função de armazenar água e nutrientes, garantindo a sobrevivência desses vegetais em condições ambientais desfavoráveis como baixas disponibilidades de umidade e macro/micronutrientes.

Outra notória característica é a respeito da transpiração durante a noite, para desta forma evitar perdas de água por evapotranspiração durante o dia. Algumas espécies vegetais ainda apresentam uma grande densidade dos espinhos e uma pruína em sua epiderme, uma proteção contra a forte intensidade solar. Por meio da análise desses indícios xeromórficos, na fisionomia da vegetação, foi estabelecida a hipótese da existência de fases mais áridas ocorridas durante o

Quaternário, onde essas formas vegetais adaptadas e modificadas revelam-se como testemunhos das restrições a que foram submetidos no passado.

A presença de elementos xerófitos, em especial da família Cactaceae nos ecossistemas do Rio Grande do Sul despertam importantes questionamentos, por exemplo, a discussão de como esse tipo de vegetação encontra-se ainda presente na paisagem em tempos contemporâneos. Segundo Ab'Sáber (1979), a maior parte das coxilhas do Uruguai e do Rio Grande do Sul foram submetidas a climas secos do Quaternário e que alguns segmentos foram parcialmente recobertos por formações xerófitas, principalmente com bromeliáceas e cactáceas, associado à uma formação florestal rarefeita, com árvores tortuosas e estepe arbustiva.

Em um momento posterior, quando o clima tornou-se mais úmido e quente, ocorreu a tropicalização, onde as formações silváticas irradiaram-se a partir de núcleos isolados avançando sobre formações campestres, envolvendo nichos ecológicos que até então possuíam uma considerável extensão geográfica. Desta maneira, esses nichos xerófilos foram paulatinamente recobertos e cercados por vegetação arbóreo-arbustiva, onde alguns acabaram sendo arrasados por condições de competição ecológica e, os demais, remanescentes, persistindo na paisagem até o presente momento de forma fragmentada e descontínua. Sobre áreas fragmentadas são interessantes as tais considerações:

Nelas os agrupamentos apresentam-se fragmentariamente, às vezes separados por grandes distâncias. Essa disposição, geralmente indica uma regressão, dando a entender que, primitivamente, a ocupação fora contínua e que, tendo se alterado as condições ecológicas, somente os agrupamentos que se encontravam nas áreas mais favoráveis conseguiram sobreviver. Isso explica, em grande parte, o caso das áreas relíquias e áreas de vicariância (ROMARIZ, 2012, p. 115).

Aziz Ab'Sáber, refere-se a esses nichos ecológicos isolados como refúgios, onde ressalta a presença de cactáceas nas formações campestres:

Onde quer que apareçam, constituem mini-refúgios de uma flora outrora mais extensa e biodiversa. Eles todos restaram amarrados em minúsculos espaços ecológicos, constituídos por lajedos emergentes de arenitos ou chão pedregosos, que funcionam como litobiomas, sítios de aridez rochosa e resistentes bancos genéticos para a sobrevivência de gerações de cactáceas (AB'SÁBER, 1995, p. 26).

Além das formações abertas, no interior de formações florestais, também podem ocorrer pequenas áreas com vegetação campestre, contendo afloramentos rochosos e inclusive fragmentos de campos, desempenhando o papel de “ilhas de vegetação”, podendo conter ou não espécies endêmicas, heliófilas e xerófitas. De acordo com Romariz (2012), essas áreas são determinadas relictuais, cuja presença de determinados táxons não pode ser explicada pelas

condições climáticas e ecológicas atuais; dessa forma indicando que seu estabelecimento nessa área geográfica se realizou em condições favoráveis distintas, em períodos anteriores. Tais espaços considerados áreas relictuais, podem apresentar extensão variável e serem caracterizados como afloramentos rochosos, escarpamentos íngremes, solos arenosos e/ou pedregosos. Ab'Sáber (1995) caracteriza esses litobiomas como resistentes, que ao longo dos milhares de anos permaneceram em atividades ecológicas isoladamente, por todo processo de tropicalização do Holoceno Inferior.

No caso das comunidades de cactáceas, os litobiomas tratam-se apropriados exemplos de paleoendemismo, que conforme Romariz (2012), é caracterizado por espécies remanescentes de formas muito mais antigas, onde no passado ocupavam áreas mais amplas e que, por transformações climáticas ou geológicas tornaram-se isoladas, consideradas como relíquias de um passado distante.

Ainda sobre as cactáceas e seus ambientes, uma importante consideração sobre a permanência de tais habitats ao longo dos milhares de anos:

Todos eles restaram amarrados a minúsculos espaços ecológicos, constituídos por lajedos emergentes de arenitos ou chão pedregosos, que funcionam como litobiomas, sítios de aridez rochosa e resistentes bancos genéticos para a sobrevivência de gerações e gerações de cactáceas. (AB'SÁBER, 1995, p. 27).

Marchiori (1992, p. 80) ressalta que “a pouca agressividade dessas espécies na colonização desses ambientes demonstram a fragilidade desses ecossistemas”. Devido a essa vulnerabilidade, é importante medidas para a conservação das cactáceas e seus habitats:

A família Cactaceae tem uma grande diversidade de espécies e endemismos no Rio Grande do Sul, corroborando assim com a importância da conservação de afloramentos rochosos, que por sua vez constituem abrigo para muitas espécies endêmicas, raras ou ameaçadas (OLIVEIRA-DEBLE, 2012, p. 67).

Os ambientes naturais com cactáceas são facilmente suscetíveis ao total desaparecimento, devido seus habitats encontrar-se em pequenas dimensões geográficas, podendo também apresentar sua distribuição extremamente pontual. Outro problema é em relação ao número de populações, onde espécies com ocorrência mais restrita apresentam populações reduzidas pela própria natureza evolutiva, com um pequeno número de indivíduos. A situação é mais agravante quando trata-se de espécies endêmicas, que geralmente estão apenas em uma área muito específica ou região geográfica.

As pressões antrópicas são as mais variadas. Oliveira-Deble (2011), Jacinto e Oliveira-Deble (2012), Carneiro et al. (2015) citam como atividades agrícolas, coleta inescrupulosa, construção de estradas e barragens, ecoturismo, estabelecimento de centrais hidrelétricas, expansão urbana, uso da terra, mineração, pecuária, empreendimentos florestais de longa escala, entre outros. Deble (2011) ainda menciona que inventários e levantamentos florísticos muitas vezes são apurados sem detalhe ou não são suficientes para representar as espécies da família Cactaceae, e desta forma negligenciando o real contingente em uma determinada área.

Outra frequente ameaça aos habitats das cactáceas: a invasão de espécies fanerófitas exóticas. Introduzidas pelo homem, avançaram sobre os ecossistemas naturais de forma descontrolada, onde facilmente colonizam ambientes como áreas de afloramentos rochosos, campos nativos, solos arenosos e/ou litólicos, encostas e até mesmo escarpas rochosas. Marchiori (2004) lista diversas espécies fanerófitas invasoras como *Acacia melanoxylon* R. Br. (Fabaceae), *Citrus reticulata* Blanco, *C. sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae), *Eriobothrya japonica* (Thunb.) Lindl. (Rosaceae), *Greditsia triacanthos* L. (Fabaceae), *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae), *Morus alba* L., *M. nigra* L. (Moraceae), *Pinus elliotii* Engelm., *P. taeda* L. (Pinaceae), *Pittosporum undulatum* Vent. (Pittosporaceae), *Ulex europeus* L. (Fabaceae).

Das espécies mencionadas, *Pinus elliotii* Engelm. e *P. taeda* L. (Pinaceae), mostram serem eficientes invasoras de áreas degradadas ou de formações herbácea-arbustiva, com um forte aspecto de competição, geralmente prevalecendo sobre as demais espécies. Geralmente colonizam ambientes muito restritivos onde outros vegetais não conseguem se estabelecer. Torna-se um grave problema quando a sua coexistência com comunidades da família Cactaceae, comprometendo a sobrevivência das mesmas que possuem necessidades muito específicas referentes as condições de luz solar, umidade e nutrientes. Com base nessas informações podemos inferir que os habitats naturais presentes em afloramentos horizontais são os mais suscetíveis às ações antrópicas, visto que os habitats presentes em áreas de difícil acesso, como em flancos ou topos de morros e vales profundos escarpados.

Conforme a lista de táxons da flora nativa do Estado do Rio Grande do Sul ameaçadas de extinção, Anexo I, decreto 52.109/ de 19 de novembro 2014, 53 táxons da família Cactaceae estão sujeitas a algum grau de ameaça, onde 12 espécies encontram-se na categoria “vulnerável” (VU), 25 “Em Perigo” (EN) e 16 “Criticamente em Perigo” (CR). De acordo com esse dado quantitativo, ressalta-se que é a família com o maior número de representantes ameaçados em extinção.

## 2.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A FAMÍLIA CACTACEAE

### 2.3.1 Aspectos relevantes da família Cactaceae

A família Cactaceae Juss. é um grupo de angiospermas pertencente a Ordem Caryophyllales. Conforme Barthlott e Hunt (1993); Nyffeler (2002); Hunt et al. (2006); Barthlott et al. (2005) consiste em vegetais perenes e normalmente suculentos, dotados de adaptações evolutivas relacionadas ao ambiente, capazes de sobreviverem a prolongados períodos de aridez extrema. Apresenta morfologia vegetativa e reprodutiva muito modificada e por ser muito distinta das demais angiospermas, inicialmente foi estabelecida numa ordem própria denominada de Cactales (HUTCHINSON, 1973; BENSON, 1979). Posteriormente, estudos moleculares e filogenéticos mais precisos de Manhart e Rettig (1994); Nyffeler (2002); Angiosperm Phylogeny Group IV - APG IV (2016) revelaram o parentesco de Cactaceae com outras famílias botânicas como Basellaceae Raf., Didieraceae Radlk. e Portulacaceae Juss., sendo abandonada a idéia de uma ordem específica e posicionando-a na Ordem Caryophyllales. Didieraceae Radlk, Aizoaceae Martinov., Cactaceae Juss. apresentam extrema suculência, onde Aizoaceae e Cactaceae demonstraram ter a taxa de diversificação mais rápida no reino vegetal (KLAK et al., 2004; HERNANDEZ-HERNANDES et al., 2014; MAGALLON et al., 2015).

As cactáceas possuem um alto grau de evolução paralela em sua morfologia vegetativa e convergência reprodutiva, contando também com adaptações para a sua polinização (BARTHLOTT E HUNT, 1993). Dispõem de modificações morfológicas e fisiológicas em sua estrutura corporal, biologia floral, sistema reprodutivo, mecanismos de propagação e dispersão (HUNT et al., 2006; SCHLUMPBERGER E RENNER, 2012). Apresentam variadas formas de corporais de crescimento, hábito e ocorrência em regiões áridas e úmidas do continente americano e suas ilhas, e também na África. (GIBSON E NOBEL, 1986; ANDERSON, 2001; HERNÁNDEZ- HERNÁNDEZ et al., 2011; KOROTKOVA, 2011).

No que diz respeito à morfologia da família Cactaceae, conforme Goebel (1889) e Rauh (1979), são dicotiledôneas e perenes, apresentam-se de forma diversificada, resultado de milhares de anos de adaptação ambiental: a) folhas altamente reduzidas ou ausentes; b) talos permanecem verdes e fotossinteticamente ativos por vários anos, sendo que ao longo do tempo tornam-se lignificados; c) córtex e medula são transformados em um tecido suculento de armazenamento de água; d) ramos laterais curtos modificados em aréolas e e) ramificação é altamente reduzida. De acordo com Anderson (2001) e Hunt et al. (2006) as formas de crescimento desse tipo de vegetal pode se apresentar como árvores (*Pereskia* Mill.), formas

colunares de grande porte (*Carnegiea* Britton & Rose, *Pachycereus* Britton & Rose, *Trichocereus* (A. Berger) Riccob.), arbustos (*Opuntia* Mill.), lianas (*Hylocereus* (A. Berger) Britton & Rose) e pequenas formas globulares (*Parodia* Speg., *Blossfeldia* Werderm.). De acordo com Rauh (1979), diferente da maioria das plantas, as cactáceas abrem os seus estômatos durante a noite e fechando durante o dia, para assim reduzir significativamente a perda excessiva de água e dióxido de carbono por evapotranspiração. Em período de estiagem prolongada podem manter seus estômatos fechados durante todos os períodos do dia. No período de dormência, em razão a redução do fotoperíodo e temperatura, as cactáceas diminuem sua atividade metabólica, não interrompendo-a completamente (GIBSON E NOBEL, 1986). A sua grande variabilidade morfológica, representada pela diversidade de formas, tamanhos, número de costelas, presença de pêlos e variadas formas de espinhos, pode ter desempenhado importantes funções ao longo de sua história evolutiva, em oportunidades ecológicas suportadas por linhagens ancestrais (MAUSETH 2000; ANDERSON, 2001; LÜTTGE 2004; ARAKAKI et al., 2011).

Como principais características do grupo, segundo Edwards e Dias (2006), destacam-se o sistema radicular adaptado com elevada capacidade de absorção de água, caule fotossintetizante, fotossíntese do tipo Metabolismo Ácido das Crassuláceas (*Crassulacean Acid Metabolism* - CAM). Tais características estão fortemente vinculadas a condições climáticas submetidas ao longo do passado, resultando adaptações a ambientes áridos ou semi-áridos, onde os vegetais ficam submetidos ao longo dos milhares de anos, sob elevados índices de luminosidade, radiação solar e estresse hídrico. Nyffeler (2002) ainda relata outra peculiaridade da família como flores com ovário inferior inserido no tecido caulinar. Gibson e Nobel (1986) e Nyffeler (2002) citam outras características exclusivas desta família, como a presença de aréolas, estruturas axilares modificadas, dotadas com abundante quantidade de espinhos e tricomas (apêndices epidérmicos similares à pêlos) capazes de gerar estruturas como cerdas, flores, frutos e ramos. Barthlott e Hunt (1993) mencionam que aréolas podem dispor de folhas reduzidas, folhas modificadas em espinhos e até mesmo serem ausentes. Os espinhos, utilizados na taxonomia de alguns grupos, são classificados de acordo com a quantidade e a posição nas aréolas: espinhos posicionados externamente (radiais) e internamente (centrais) (MIHALTE et al., 2010). A faixa de temperatura ideal para germinação da maioria das espécies da família Cactaceae situa-se em cerca de 25,0°C - 33,0°C (DAU E LABOURIAL, 1974; NOBEL, 1988; ROJAS-ARÉCHIGA E VÁZQUES-YANES, 2000).

O centro de dispersão da família Cactaceae, conforme estudos de Arakaki et al. (2014), é apontado para a América do Sul, na região central andina, entre o norte do Chile, noroeste da

Argentina, Bolívia e Peru. Sua origem ainda é controversa e autores divergem no período de surgimento. Gibson e Nobel (1986) estimam que a família teria surgido entre 90-60 milhões de anos. Mauseth (1990) indica que esse evento teria ocorrido no período terminal do Cretáceo. Autores como Hershkovitz e Zimmer (1997); Edwards et al (2005); Ritz et al. (2007); Schlumpberger e Renner (2012) estimam que a família teria surgido há cerca de 35 a 30 milhões de anos, em meados do Terciário, no final do Eoceno e início do Oligoceno. Ocampo e Columbus (2010) são ainda mais controversos, sugerindo que a família teria surgido em tempos mais recentes, entre 19.1 a 3.1 milhões de anos atrás. Arakaki et al. (2011), apontam que a família teria surgido há cerca 35 milhões de anos atrás, ao longo do Eoceno, onde a diversificação de seus clados teria ocorrido posteriormente, há a cerca 10-5 milhões de anos durante o Mioceno Tardio, quando distintas linhagens teriam sido submetidas a processos individuais de expansão e dispersão para outras regiões do continente americano (KOROTKOVA, 2011; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2014). A família Cactaceae possui elevadas taxas de diversificação, cinco vezes maior do que outras Angiospermas, resultando em altas taxas de endemismo e biodiversidade (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2014; BARTHLOTT et al., 2015). Outro fator preponderante para esses valores são a associação em ambientes áridos e semi-áridos (TAYLOR, 1997; ANDERSON, 2001; EDWARDS et al., 2005).

Estudos genéticos de Arakaki et al. (2011) revelaram que a família Cactaceae apresenta baixa variabilidade em seus plastídios (estruturas encontradas nas células vegetais que possuem material genético próprio). Esse fato pode apontar processos recentes de diversificação ocorridos entre a 10 a 2 milhões de anos atrás, durante o Mioceno Tardio e o Plioceno, período correspondente a eventos de desenvolvimento e expansão de conjuntos áridos neotropicais da América do Norte e América do Sul, esta última, submetida a importante influência da orogenia dos Andes para a constituição desses ambientes. Alterações climáticas como a redução de taxas de CO<sub>2</sub> atmosférico pode ter sido decisória para a competição ecológica e inclusive para o surgimento grupos mais adaptados a essa condição (TRIPATI et al., 2009). Dessa forma, apenas protagonistas como plantas suculentas dotadas com sistema fotossintético do tipo Metabolismo Ácido das Crassuláceas (*Crassulacean Acid Metabolism* - CAM) teriam suportado condições adversas, onde adaptações como esta permitiram uma competição frente às novas condições atmosféricas, possibilitando o estabelecimento e sua posterior expansão espacial em ambientes com baixa disponibilidade hídrica e novas condições ecológicas. (GIBSON E NOBEL, 1986; ARAKAKI et al., 2011).

Até o momento, registros fósseis de cactáceas fossilizadas são inexistentes. Como sabemos, a presença de água é imprescindível para o processo de fossilização, onde esse fato torna-se importante na justificativa de nenhum fóssil ter sido encontrado, pois a maioria das cactáceas encontram-se em ambientes com baixa disponibilidade hídrica e precipitação. Talvez a ausência de água em seus ambientes não permitiu a constituição de um fóssil, tornando improvável a possibilidade de existência do mesmo. Lodé (2015) cita que ausência de um fóssil pode ser uma prova suficiente para demonstrar o quanto foi recente o surgimento da família.

A família Cactaceae é organizada em quatro subfamílias: Pereskioideae, Opuntioideae, Cactoideae e Maihuenioideae (Schumann 1890; Barthlott e Hunt 1993; Anderson, 2001; Hunt et al. 2006). Pereskioideae, monogenérica, representa o grupo mais primitivo, possuindo folhas. Opuntioideae inclui espécies com cladódios e espinhos farpados (gloquídeos). Ambas apresentam centro de diversidade tanto ao sul quanto ao norte da Linha do Equador. Maihuenioideae é caracterizada por folhas pequenas e persistentes, com ocorrência restrita ao sul da América do Sul, mais precisamente na região Patagônica e Andina. (ANDERSON 2001; NYFFELER E EGGLI, 2010). Monogenérica, apresenta apenas o gênero *Maihuenia* (Phil. Ex F. A. C. Weber) K. Schum., sendo utilizada por alguns autores mais recentes e alvo de discussões (WALLACE 1995; ANDERSON 2001; NYFFELER E EGGLI, 2010).

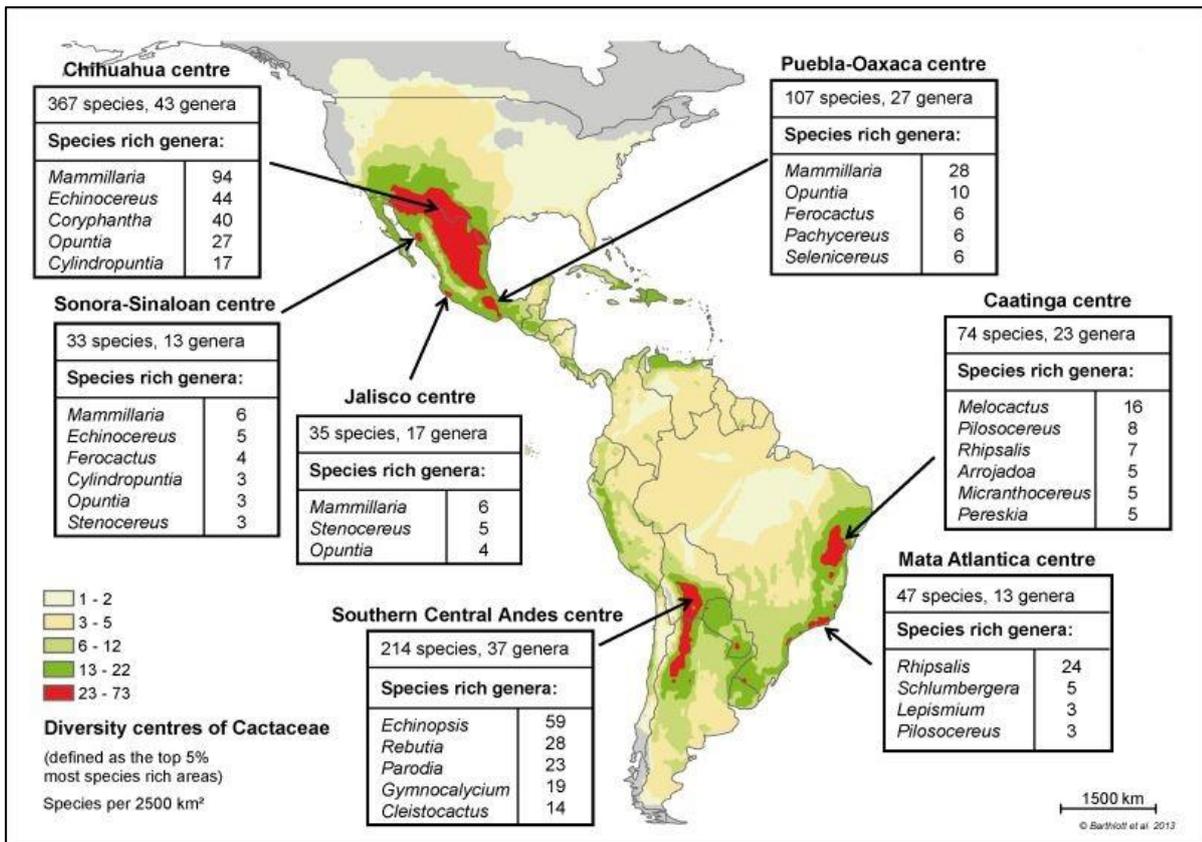
A subfamília Cactoideae, a mais biodiversa e com maior distribuição geográfica, inclui variadas formas de crescimento, desde espécies com formas arborescentes e colunares (com até 20 metros de altura) até formas globulares solitárias de pequeno porte (1 cm de diâmetro). Possui tribos com distribuições exclusivas na América do Sul (Notocactaeae), e também na América Central e do Norte (Cactaeae) (MUTKE et al., 2015). Os seus típicos hábitos de crescimento tais como colunar ou globular, podem caracterizar a maior parte dos grupos de espécies (NYFFELER E EGGLI, 2010; SCHLUMPBERGER E RENNER, 2012).

A respeito do número de gêneros, espécies e subespécies ocorrem divergências. Anderson (2001, 2005) reconhece 127 gêneros e 1.826 espécies; segundo Hunt et al. (2006) a família engloba de 127 gêneros, 1.438 espécies e 378 subespécies; Nyffeler e Egglí (2010) mencionam 130 gêneros e 1850 espécies e por fim Lodé (2015) 177 gêneros, 1913 espécies e 454 subespécies. A oscilação entre o número de gêneros e espécies ocorre em razão da variada morfologia das plantas, tornando-se um dos grupos mais controversos e problemáticos, especialmente devido aspectos de incompatibilidade de sistemas de classificação e ponto de vista taxonômico (BRITTON E ROSE, 1922; BARTHLOTT E HUNT, 1993; HUNT et al., 2006). Outro fator para tais discrepâncias são as diferenças nos números totais de espécies devido a frequentes revisões taxonômicas, onde espécies são alocadas como sinônimas e

também sinonímias são reabilitadas ao nível de espécie (BARTHLOTT et al., 1993; HUNT et al., 2006, 2013).

A família Cactaceae, a segunda maior família de plantas endêmicas do Neotrópico, distribui-se de forma disjunta em uma ampla diversidade de habitats, em zonas tropicais e subtropicais, em áreas áridas quentes ou frias, em distintos ambientes como áreas costeiras arenosas, cerrados, desertos quentes, estepes de altitude elevada, pradarias, florestas decíduas secas e até mesmo florestas tropicais pluviais (BARTHLOTT E HUNT, 1993; TAYLOR E ZAPPI, 2004; BARTHLOTT et al., 2015). São mais frequentes em zonas de climas quentes e secos, entre latitudes de 35°N e 35°S, com exceção da zona equatorial úmida (TAYLOR, 1997). Segundo Anderson (2001); Hunt et al. (2006) sua distribuição geográfica natural de norte a sul ocorre da Columbia Britânica (Canadá) até Patagônia (Argentina) e de leste a oeste Ilha de Fernando de Noronha (Brasil) até o arquipélago de Galápagos (Equador) (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de distribuição e principais centros de diversidade da família Cactaceae no continente americano e ilhas do entorno.



Fonte: Barthlott et. al (2015).

Segundo Hunt et al. (2006) e Hoxey (2016), a família Cactaceae ocorrem em condições geográficas extremas, em altitudes do nível do mar até 4830 m (no caso dos Andes, ocorrência do táxon montano *Cumulopuntia ignescens* (Vaupel) F. Ritter) e em regiões sem chuvas mensuráveis à 2500-5000 mm anuais de precipitação. Conforme Hunt et al. (2006) e Barthlott et al. (2015) a distribuição geográfica de Cactaceae apresenta-se no continente americano e suas ilhas adjacentes.

Curiosamente, *Rhipsalis baccifera* (J. S. Muell.) Stearn, uma espécie epifítica ocorrente em formações florestais, é a única espécie que extrapola o continente americano, em áreas tropicais do continente africano (no Sul e centro da África, Ilhas Maurício, Ilhas Seychelles, Madagascar) e do continente asiático (Sri Lanka), no reino Paleotrópico (WALLACE E GIBSON, 2002; HUNT et al., 2006; KOROTKOVA, 2011).

Segundo Taylor (1997), Taylor e Zappi (2004), Hunt et al. (2006), Barthlott et al. (2015) os centros de diversidade em espécies e endemismo encontram-se em: a) regiões áridas no centro do México e sudoeste dos Estados Unidos (América do Norte); b) região central entre Bolívia e Peru, sul do Equador, nordeste do Chile, também encostas leste e oeste da Cordilheira dos Andes (América do Sul); c) leste do Brasil abrangendo região nordeste, sudeste, parte oriental da região norte (América do Sul) e d) região que abrange Argentina, Paraguai, Uruguai, regiões centro-oeste e sul do Brasil. Estudos moleculares de Bonatelli et al. (2014) e Perez et al. (2016), indicaram processos de fragmentação em populações de Cactaceae na América do Sul.

A maioria dos táxons pertencentes a família está representada em pequenas áreas de distribuição, onde quase metade das espécies de cactos tem distribuição geográfica inferior a 10.000 km<sup>2</sup> (MUTKE et al., 2015). Ainda, a família também apresenta alta proporção de espécies com pequena distribuição geográfica, com áreas inferiores a 1.000 km<sup>2</sup>, em distribuições disjuntas e irregulares (GOETTSCHE E HERNÁNDEZ, 2006; HERNÁNDEZ et al., 2008). Conforme Zappi et al. (2014) o Brasil é considerado o terceiro maior centro de diversidade, com 257 espécies reconhecidas (188 endêmicas), distribuídas em 39 gêneros (17 endêmicos), com 92 subespécies (77 endêmicas). Dois grandes centros de endemismo no Brasil encontram-se no nordeste (Bioma Caatinga e Cerrado) e sudeste (Bioma Mata Atlântica) (TAYLOR E ZAPPI, 2004).

No que trata de seus ambientes, são encontrados em campos, florestas, também como *inselbergs* e afloramentos rochosos. Esse último pode se apresentar como escarpamentos abruptos, lajedos e solos rasos, habitats adequados para o seu desenvolvimento, onde desempenham a função de redutos ecológicos. Os afloramentos rochosos, por exemplo,

apresentam condições ambientais demasiadamente adversas para a maioria das comunidades de plantas, em razão da significativa amplitude térmica diária, altas taxas de insolação, excessivo déficit hídrico, rápida drenagem e evaporação de água, manutenção de calor durante o período noturno, incidência direta de raios solares, e a ausência ou pouca disponibilidade de solo, revelando a resistência biológica desse tipo de vegetação que ali habita (POREMBSKI et al., 1998; AB'SABER, 2006; SARTHOU et al., 2009).

Sobre a sucessão ecológica dos afloramentos rochosos, as primeiras plantas a colonizar a rocha nua exposta são as cianobactérias e líquens, seguido de espécies suculentas, em cavidades, depressões e nas fraturas da rocha (HAMBLER, 1964; MEIRELLES et al., 1999). Da mesma forma, tais espaços desempenham uma função de um eficiente banco genético para expansão dessa biota, que geralmente apresenta-se como endêmica e que vem a reproduzir-se ao longo de milhares de anos sob estas condições (AB'SÁBER, 2006).

A família Cactaceae é o quinto grupo taxonômico mais ameaçado, com 31% de suas espécies apresentando algum grau de ameaça (GOETTSCHE et al., 2015). Perturbações antrópicas, coleta e comércio ilegal e conversão do uso da terra devido expansão urbana e uso do solo para a agricultura e silvicultura são as principais causas de extinção (GODÍNEZ-ALVARES et al., 2003). Atualmente mais de 1400 espécies da família encontram-se inseridas na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para Conservação da Natureza, órgão internacional que trata sobre a conservação e preservação de seres vivos em todo planeta (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, 2019).

### 2.3.2 A família Cactaceae no Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, conforme Hunt et al. (2006) e Carneiro et al. (2016) as cactáceas estão representadas em onze gêneros: *Pereskia* Mill. (subfamília Pereskioideae); *Opuntia* Mill. (subfamília Opuntioideae); *Cereus* Mill., *Echinopsis* Zucc., *Epiphyllum* Haw., *Frailea* Britton & Rose, *Gymnocalycium* Pfeiff ex. Mittler, *Lepismium* Pfeiff., *Parodia* Speg., *Rhipsalis* Gaertn., *Schlumbergera* Lem. (Cactoideae). São contabilizadas 65 espécies, equivalente a 30% do contingente nacional, onde 18 espécies são endêmicas do Rio Grande do Sul (CARNEIRO et al., 2016). Distribuem-se em areais, afloramentos rochosos, paredes abruptas, gramíneas e também em florestas (HUNT et al., 2006, CARNEIRO et al., 2016). *Parodia* Speg. é o gênero mais representativo e também o mais importante, devido ao elevado número de espécies endêmicas presentes (MACHADO et al., 2008; CARNEIRO et al., 2015). Apesar da notoriedade do gênero, de forma geral, a maioria da literatura limita-se a descrições

botânicas de entidades taxonômicas isoladas, algumas revisões taxonômicas e trabalhos voltados para taxonomia vegetal e filogenia.

Registros na literatura estão presentes desde o início do século XIX. De acordo com os trabalhos historiográficos de Pontes et al. (2017a, 2017b, 2017c), de 1819 à 1975, praticamente a literatura existente limitava-se a descrições botânicas realizadas por botânicos, aficionados, hobbistas e entusiastas da área.

O início do estudo das cactáceas sul-rio-grandenses deve-se ao exaustivo trabalho do naturalista prussiano Friedrich Sellow, que realizou incursões na Província de São Pedro do Rio Grande do Sul entre os anos de 1823 e 1826 (SCHUMANN 1890; HERTER E RAMBO, 1951). Sellow foi pioneiro ao coletar e enviar exemplares para o Jardim Botânico de Berlim-Dahlem (PONTES et al., 2017a). Em razão de sua morte precoce não publicou a tempo trabalhos sobre a família Cactaceae porém, posteriormente, seus materiais oriundos de suas coletas foram estudados e descritos taxonomicamente por diversos botânicos em diferentes épocas, como o trabalho de Link e Otto (1827, 1828a, 1828b, 1830), Lehmann (1826, 1827), Pfeiffer (1837), Schumann (1890). De acordo com Pontes et al. (2017a), alguns materiais botânicos de procedência não confirmada, fornecidos para os trabalhos de Sprengel (1825), Lehmann (1826, 1826, 1827), Lemaire, (1838, 1839) e Monville (1839), são provavelmente oriundos aos trabalhos de coleta de Saint-Hilaire e Friedrich Sellow.

Por volta de 1884, novidades de origem confirmada do Rio Grande do Sul ingressaram em cultivo na Europa, especialmente na Alemanha, onde receberam tratamento taxonômico, de acordo com os trabalhos de Förster e Rümpler (1886) e Schumann (1895) e Eggli e Hofacker (2010). Ainda no final do século XIX, Schumann (1890) organizou a monografia de cactáceas para a “*Flora Brasiliensis*”, a obra suprema de plantas do Brasil apresentando também as espécies descritas até o momento para o Rio Grande do Sul. Neste trabalho, pela primeira vez é apresentada uma chave dicotômica para a identificação dos gêneros e estabelecido o e também ilustrações botânicas coloridas. Em 1903, o referido autor descreve mais uma espécie, importada no mesmo ano, cuja origem é atribuída para o estado sulino (SCHUMANN, 1903). No estudo da vegetação do Rio Grande do Sul, Lindmann (1905), menciona a presença de cactáceas do gênero *Cereus* Mill., *Opuntia* Mill. e também pequenas cactáceas esféricas do gênero *Echinocactus* Link & Otto (atualmente alocadas no gênero *Parodia* Speg.).

Ao longo da década de 1940 contribuições para a flora cactácea do Rio Grande do Sul são realizadas por Osten (1941), em seu livro “Notas sobre Cactáceas” e no artigo de Backeberg (1949), onde são descritas algumas espécies para o Brasil, sendo algumas do Rio Grande do Sul, recebidas e mantidas em cultivo pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Na década

seguinte mais espécies foram descritas conforme os trabalhos de Cullmann (1955) e Haage (1956). Rambo (1956), em sua gloriosa obra “A Fisionomia do Rio Grande do Sul”, faz referência de algumas espécies de cactos presentes na região da Depressão Central.

A fase áurea da busca e descobertas foi mais intensa no início da década de 1960 até o fim da década de 1970, promovida por interesses comerciais e horticulturais (Pontes et al., 2017b). Assim, foram reveladas uma grande quantidade de táxons, publicadas respectivamente nas obras de Buining (1962, 1968a, 1968b, 1970a, 1971), Buining e Brederoo (1972a, 1972b, 1972c, 1973a, 1973b, 1973c, 1973d, 1976) Buxbaum (1968), Brederoo e Theunissen (1978), Ritter (1966a, 1966b, 1966c, 1970a, 1970b, 1973, 1979) e Swales (1978).

Mace (1975) publica “*Notocactus*”, o primeiro livro dedicado ao gênero (atualmente *Parodia* Speg.), realizando uma tradução em inglês sobre as espécies descritas, com fotografias, ilustrações e pela primeira vez são apresentados mapas rudimentares sobre a distribuição geográfica do gênero. Cinco anos mais tarde, Schäfer (1980) publica o livreto “Die Gattung *Notocactus*”, com importantes comentários e algumas fotografias em cultivo e na natureza.

Novas descobertas de cactáceas foram realizadas entre as décadas de 1980 e 1990, onde espécies e variedades inéditas vieram a integrar a lista da flora do Rio Grande do Sul, conforme os trabalhos de Abraham (1987, 1988a, 1988b, 1988c, 1988d, 1988e, 1988f, 1989, 1990a; 1990b), Abraham e Büneker (1992), Bergner (1993), Braun (1986), Gerloff (1990a, 1990b, 1991, 1994, 1995, 1997), Gerloff e Könings (1992), Gerloff e Nilson (1994), Havlicek (1980), Herm (1993), Hofacker & Herm (1996, 1997), Könings (1990), Lisal & Kolarik (1986a, 1986b), Prestlé (1985a, 1985b, 1986a, 1986b, 1986c). Importantes monografias foram editadas sobre gêneros específicos como a obra de Stuchlík (1993) e Gerloff et al. (1995), ambas voltadas para o gênero *Notocactus* (K. Schumann) Frič; Prestlé (1991) para o gênero *Gymnocalycium* Pfeiffer ex Mittler e Prestlé (1998) para o gênero *Frailea* Britton & Rose.

Em 1998 é publicado fascículo “Flora do Rio Grande do Sul - Cactos” a primeira obra em português sobre o tema e realizada por botânicos gaúchos da Fundação Zoobotânica de Porto Alegre. No mesmo ano Larocca (1998) apresenta sua dissertação sobre cactáceas presentes nos paredões rochosos da Serra Geral, um dos primeiros trabalhos acadêmicos voltado especialmente à família Cactaceae no Rio Grande do Sul.

Herm et al. (2000) traz uma notória contribuição no livro *Kakteen in Brasilien*, onde um capítulo é inteiramente dedicado aos cactos do sul do Brasil, trazendo comentários, informações e incríveis fotografias das plantas em habitat. Três anos mais tarde, Koch (2003) publica mais uma espécie para o estado sulino. Gerloff et al. (2004) traz uma nova revisão taxonômica no gênero *Notocactus* (K. Schumann) Frič.

Trabalhos de Bruxel e Jasper (2005) e Bauer e Waechter (2006), realizados com maior rigor acadêmico-científico ampliaram o conhecimento das cactáceas no estado. Ainda Machado (2007a, 2007b) apresenta uma revisão sobre as espécies do gênero *Frailea* Britton & Rose no Rio Grande do Sul. Após alguns anos sem a descoberta de um novo táxon, Machado et. al (2008) publica uma nova espécie, *Parodia gaucha* M. Machado & Larocca, cujo epíteto específico faz referência ao gaúcho, habitante das terras do estado mais austral do Brasil. Capítulos de livros sobre dedicados às cactáceas do Bioma Pampa são realizados por Oliveira-Deble (2011) e Jacinto e Oliveira-Deble (2012) ampliando o conhecimento e a distribuição geográfica na metade sul do estado.

Carneiro et. al (2015) publicam “Cactos do Rio Grande do Sul”, o primeiro livro em português sobre o gênero, ricamente ilustrado e realizado pela Fundação Zoobotânica de Porto Alegre. Ainda menciona-se o trabalho de Cancelli et al. (2017) que realiza estudos específicos sobre morfologia polínica de espécies epífitas de cactáceas do Rio Grande do Sul. Outra contribuição foi o resgate historiográfico e cronológico de Pontes et. al (2017a, 2017b, 2017c), trabalho inédito que revelou muitos fatos ainda desconhecidos e também extensa revisão bibliográfica sobre a família Cactaceae no Estado, a partir de antigos registros disponíveis. No ano seguinte, Pontes et. al (2018) descreve um novo táxon, *Frailea erythracantha* R. Pontes, A.S. Oliveira & Deble, a última espécie descrita para o Rio Grande do Sul. Anceschi e Magli (2018) realizam uma revisão taxonômica das espécies gênero *Parodia* Speg., dentre elas muitas do Rio Grande do Sul. Köhler et al. (2019) e Köhler et al. (2020), que tratam de novos registros de representantes do gênero *Opuntia* Mill. para a flora do Rio Grande do Sul. Por fim, até o fechamento desta pesquisa, o último trabalho publicado sobre cactáceas do Rio Grande do Sul é atribuído a Pitella et al. (2020) tratando-se da ampliação da ocorrência de *Parodia mueller-melchersii* (Fric ex. Backeberg) N. P. Taylor, para a região do sudeste do Rio Grande do Sul, próximo à fronteira do Uruguai.

### **2.3.3 O gênero *Parodia* Speg.**

*Parodia* Speg., de acordo com os estudos filogenéticos de Nyffeler e Eggli (2010), pertence à subfamília Cactoideae, posicionado na tribo Notocactae. Mesmo antes da filogenia, acreditava-se em uma estreita relação entre o gênero *Notocactus* (K. Schumann) Frič e *Parodia* Speg.. Glaetzle e Prestlé (1986), de acordo com estudos a partir de sementes, sugerem uma possível origem de *Notocactus* e *Parodia*, onde um clado possivelmente dividiu-se em duas regiões distintas, uma de terras altas montanhosas e outro de terras baixas.

Táxons que encontravam-se em outros gêneros como *Brasilicactus* Backeb. nom. illeg., (atualmente reconhecido como *Acanthocephala* Backeb.), *Brasiliparodia* F. Ritter, *Eriocactus* Backeb. nom. illeg. (atualmente reconhecido como *Erioccephala* Backeb.), *Notocactus* (K. Schumann) Frič e *Wigginsia* D. M. Porter, ao longo dos anos, foram transferidos para o gênero *Parodia*, como revelam os trabalhos de ajustes nomenclaturais de Brandt (1982), Hunt e Taylor (1987), Hunt (1997), Kiesling (1995), Hofacker (1998, 2000, 2012), Hofacker e Braun (1998), Hofacker e Machado (2012) e Anceschi e Magli (2012, 2018). Doweld (1999, 2000), propôs a criação de gêneros como *Ritterocactus* Doweld e *Peronocactus* Doweld.

Apesar das notórias diferenças, as relações dos gêneros mencionados não encontravam-se totalmente resolvidas, onde as hipóteses sobre parentesco entre os gêneros eram especulativas e principalmente baseadas em dados de área de distribuição e morfologia. Nyffeler (1999) iniciou estudos baseados na análise molecular para investigar as possíveis relações da tribo Notocactinae, dentro do gênero *Parodia* Speg. Poucos anos mais tarde, Nyffeler e Eggli (2010) realizaram um estudo das subfamílias, tribos e subtribos da família Cactaceae. O resultado desta pesquisa discordou de todas as hipóteses de relações filogenéticas que já haviam sido sugeridas, propondo um desdobramento taxonômico infragenérico, onde os cinco gêneros *Brasilicactus* Backeb. nom. illeg. (atualmente reconhecido como *Acanthocephala* Backeb.), *Brasiliparodia* F. Ritter, *Eriocactus* Backeb. nom. illeg. (atualmente reconhecido como *Erioccephala* Backeb.), *Notocactus* (K. Schumann) Frič e *Wigginsia* D. M. Porter foram reunidos em um único gênero por acreditar serem parte de uma mesma linha filética (NYFFELER E EGGLI, 2010). Desta forma, em concordância de regras taxonômicas internacionais, o nome genérico *Parodia* Speg. foi priorizado, por tratar-se de ser o mais antigo, proposto originalmente pelo botânico Carlos Spegazzini em 1923, em homenagem do botânico argentino Domingo Parodi (SPEGAZZINI, 1923; HUNT et al., 2006).

O gênero é representado por plantas solitárias ou em grupos, corpo relativamente pequeno, globoso à subcolunar; costelas pouco à completamente tuberculadas; aréolas com a presença de lanosidade; espinhos de poucos à muitos, com forma variável podendo ser retos ou em forma de gancho; fruto globoso à cilíndrico, cobertos por lanosidade ou cerdas, secos ou com um pouco de polpa; flores apicais, diurnas, infundibuliformes à campanuladas, coloridas e brilhantes; tubo floral e pericarpelo frequentemente lanoso ou com cerdas Frutos globosos à cilíndrico, cobertos por lanosidade ou cerdas, secos ou quase isso, deiscentes; sementes em diversas formas, marrons à negras, pequenas, com hilo grande (ANDERSON, 2001; HUNT et al., 2006; MACHADO et al., 2008).

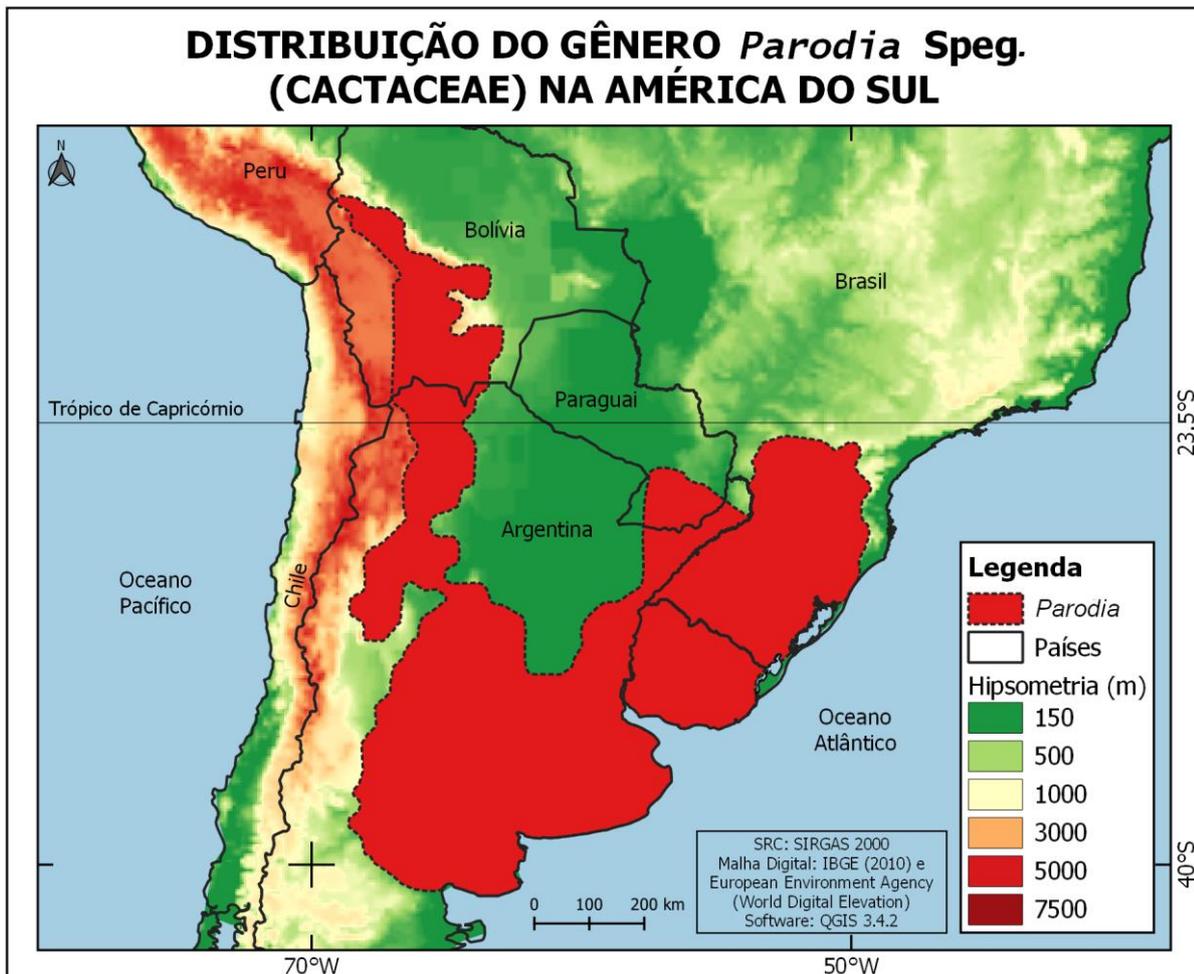
No sentido amplo de Hunt (1999, 2006) e Anderson (2001) o gênero *Parodia* Speg. inclui cerca de 60-70 espécies. O número de táxons diverge de acordo com os autores e seus critérios estabelecidos para definição dos táxons. Outro fator considerado é uma ampla variedade morfológica dentro de uma mesma espécie, podendo variar em aspectos como forma de crescimento (globular *versus* subcolunar), corpo (cor, tamanho), ramificação (solitária ou cespitosa), costelas (número e forma), espinhos (arranjo, número e cor), flor (cor, forma, tamanho) e sementes (cor, forma, tamanho (BARTHLOTT E HUNT 1993; HUNT et al. 2006; ANDERSON 2001).

Hunt (1999) e Anderson (2001, 2011) reconhecem 89 táxons (66 espécies e 23 subespécies). Anos mais tarde, Hunt et al. (2006) propõe reconhecer 66 táxons (58 espécies e 8 subespécies). Com uma desinonimização e a publicação de uma nova espécie de Machado et al (2008), a obra de Hunt (2013) propõe 68 táxons (60 espécies e 8 subespécies). O mesmo autor, na obra Cites Cactaceae Checklist (2016), manteve o mesmo número de táxons. Na revisão mais atual disponível, Anceschi e Magli (2018) reconhecem 62 táxons, dividindo-os em 37 da região dos Pampas (terras baixas) e 25 da região andina (terras altas). Conforme Hunt et al. (2006), Anderson (2001) e Barthlott et al. (2015) a distribuição geográfica de *Parodia* Speg. apresenta-se em uma ampla faixa de distribuição, mais precisamente na encosta leste da Cordilheira dos Andes (noroeste da Argentina e leste da Bolívia) e na região dos Pampas, presente no (nordeste Argentina, sul do Brasil, leste do Paraguai e todo Uruguai).

Anderson (2001), Hunt et al. (2006), Barthlott et al. (2015) não mencionam o gênero para a Colômbia. No início década de trinta Backeberg e Werdermann (1931) publicaram *Echinocactus vowerkianus* Werderm. para a localidade Sogamoso, a nordeste de Bogotá, a 1200 metros de altitude. Apesar de muitas especulações sobre a veracidade desta ocorrência disjunta, Vich (2018, 2019) encontrou seis populações na região de Bogotá, uma em Mosquera, sudoeste de Bogotá e cinco na região de Corrales, em Sagomoso), na região da Cordilheira dos Andes colombiana, onde cresce com outras espécies de cactáceas do gênero *Melocactus* Link & Otto, *Opuntia* Mill., e *Mammillaria* Haw. A distância dessas duas regiões em linha reta é de aproximadamente 200 km. Mesmo assim, o *status* de ocorrência natural desse táxon é ainda incerto e motivo de especulação, devido à grande distância geográfica das áreas abertas pampianas do sul da América do Sul, área de distribuição natural do gênero *Parodia* Speg. Devido à ausência de mais estudos, inclusive filogenéticos, ainda é impossível informar se esta ocorrência é natural ou se foi introduzida pelo homem, possibilidade levantada a partir da presença de uma missão religiosa nas proximidades da vila de Corrales. A Figura 4 apresenta

um mapa atualizado de distribuição do gênero baseado na literatura disponível, com adição de recentes registros de ocorrências setentrionais.

Figura 4 - Distribuição do gênero *Parodia* Speg. (Cactaceae) na América do Sul.



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em dados de Thiele (2011); Barthlott et al. (2015), com adições de dados recentes do autor (2021).

Anceschi e Magli (2018) dividem a distribuição espacial em dois centros de diversidade, especificando os respectivos tipos de habitats: a) terras altas - encosta leste da Cordilheira dos Andes, região noroeste da Argentina e leste da Bolívia, ocorrendo em vales rochosos presentes entre a cadeia dos Andes, em áreas da pré-Cordilheira e também pré-Puna, em florestas decíduas, de 500 à 4200 metros de altitude; e b) terras baixas - regiões do nordeste da Argentina, sul do Brasil, leste do Paraguai e Uruguai, afloramentos rochosos, escarpas rochosas em formações abertas (campos) e formações fechadas (florestas secas tropicais, florestas úmidas

subtropicais e floresta atlântica do Alto Paraná - Mata Atlântica e Selva Missionera), de 20 à 1500 metros de altitude.

De acordo com Machado et al. (2008) muitas espécies apresentam distribuição geográfica muito limitada (endêmicas) e frequentemente são ameaçadas por atividades ligadas à agricultura, pastoreio, coleta inescrupulosa e conversão de habitat. Nyffeler e Egli (2007) mencionam que em razão de aspectos ornamentais, como pequeno porte e flores coloridas, o gênero *Parodia* Speg. tornou-se um gênero muito bem representado em coleções de todo o mundo, presente tanto de grandes jardins botânicos quanto entusiastas da jardinagem ou colecionadores hobbistas.

#### **2.3.4 *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor**

Para uma melhor compreensão dos descobrimentos, fatos e desdobramentos taxonômicos do táxon deste estudo, serão apresentadas a seguir, em ordem cronológica, as espécies que foram publicadas originalmente no gênero *Notocactus* (K. Schum.) Frič as descrições da época e que mais tarde foram reorganizadas em apenas um táxon, no gênero *Parodia* Speg.

É importante salientar, que no passado, as atividades de coletas botânicas já eram organizadas, onde números de campo eram atribuídos a cada espécie descoberta, como uma forma de identificação de ecótipos do material recolhido. Desta forma, Friedrich Ritter (acrônimo FR) e Leopoldo Horst (acrônimo HU, devido à parceria Horst - Uebelmann) atribuíram os seguintes números para os seus achados: *Notocactus horstii* F. Ritter como FR 1269 (=HU 17), *Notocactus purpureus* F. Ritter de três diferentes localidades como FR 1268 (=HU 20a), FR 1268a (=HU20c) e HU 20d, *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter como FR 1269a (=HU 20b) e *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm & Pontes HU 82 (RITTER, 1966, 1970a, 1979; EGGLI et al., 1995; UEBELMANN, 1996).

Os antigos números de registro de coleta de Leopoldo Horst foram associados diretamente para espécies, onde o número de campo HU 20 já havia sido utilizado anteriormente para indicar *Notocactus herteri* (Werderm.) Buining & Kreuz., espécie com flores róseas. Desta forma, Horst forneceu o mesmo número aos seus novos achados flores de púrpuras devido a semelhança morfológica, onde agregou letras ao lado do número para referir-se a distintas localidades e suas respectivas populações, que naquele momento, acreditava-se ser a mesma espécie ou uma espécie afim ou próxima de *Notocactus herteri* (Werderm.)

Buining & Kreuz., (por exemplo, HU 20a, HU 20b, HU 20c e HU 20d para localidades distintas).

De acordo com Herm (1990, 1993) isso continuou até 1985 quando o parceiro e sócio de Leopoldo, o suíço Werner Uebelmann, decidiu reorganizar a lista dos números de coleta, estabelecendo um novo número para cada população visitada, sem a utilização de um mesmo número e letras. Durante sua viagem no Rio Grande do Sul em 1988, Uebelmann revisitou as localidades originais, onde os antigos números sem letras foram mantidos, porém novos números foram estabelecidos. As outras localidades dentro de um mesmo número foram corrigidas, criando-se novos números de campo individuais, onde HU 20a corresponde à HU 813 (população revista em 06 de outubro de 1988), HU 20c à HU 814 (população revista em 05 de outubro de 1988) e HU 20b à HU 815 (população revista em 04 de outubro de 1988). HU 17 foi visitado dia 06 de outubro de 1988. A localidade enumerada como HU 20d não foi revisitada e por este motivo não foi estabelecido novo número.

A primeira espécie do grupo, *Notocactus horstii* F. Ritter, foi descoberta e coletada por Leopoldo Horst, entre a segunda metade dos anos cinquenta e a primeira metade dos sessenta. Conforme Ritter (1966a) Horst enviou um único exemplar para identificação diretamente para botânico e horticultor Hans Krainz, responsável pela coleção de plantas suculentas em Zurique, Suíça. Apesar desse contato, o envio desse exemplar não resultou em respostas contundentes, pois não foi realizada descrição taxonômica formal desta novidade.

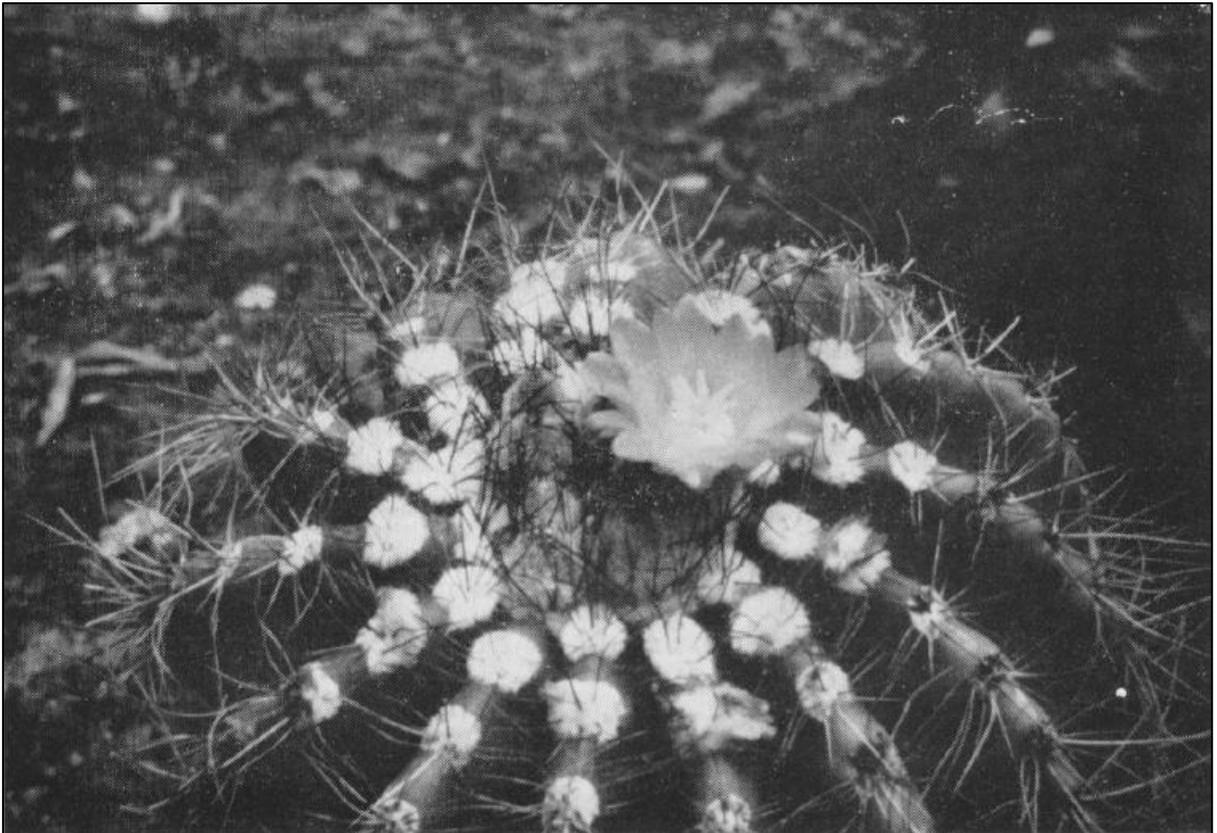
Anos mais tarde, de acordo com Herm (1993) e Pontes et al. (2017b), durante viagens botânicas na região central do Rio Grande do Sul, o pesquisador alemão Friedrich Ritter, juntamente com Horst, visitou o habitat natural, registrando em seu diário informações necessárias para a descrição botânica formal. Com base nos registros das etiquetas de herbário publicados por Eggli et al. (1995) e também das anotações dos diários pessoais de Friedrich Ritter, disponibilizados pela Deutsche Kakteen-Gesellschaft - DKG (2017), Horst e Ritter realizaram essa expedição no habitat original em 18 de março de 1964. *Notocactus horstii* F. Ritter foi publicado periódico holandês *Succulenta*, em janeiro de 1966, cuja diagnose latina original, designa-se como:

“*Corpus viride, ad 14 cm diam., dein elongatum, apice albo-lanato, spinoso; costae 12–16, rectae, tuberculis parvis instructae; areolae orbiculatae, albo-tomentosae, 6–9 mm inter se remotae; spinae aciculares, radiales 10–15, pallidae, 1–3 cm longae, centrales 1–4, subfortiores, brunneae; flores apicales, 3–3,5 cm longi; ovarium 5–8 mm diam., albo-lanatum, esetosum, squamis minimis instructum; tubus floralis infundibuliformis, albo- et brunneo-lanatus, squamatus; tepala 14–16 mm longa, 4–6 mm lata, spathulata vel lan-aeolata, basi lutea, apice aurantiaca vel cinnabarina; stamina 7–12 mm longa, aurantiaca, antheris aureis; stylus 18–23 mm*”

*longus, aurantiacus, stigmatibus 8—9, aurantiacis vel roséis; fructus globosus; semina 1 mm diam., hilo máximo, basalo*” (RITTER, 1966, p. 3).

Na capa da mesma edição da descrição *princeps*, é apresentada uma foto preta e branca de uma planta em cultivo, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Reprodução da fotografia preto e branco da descrição original de *Notocactus horstii* F. Ritter HU 17 = FR 1269, fotografada em cultura, entre 1964 - 1966.



Fonte: Ritter (1966).

A localidade do tipo é mencionada na descrição original em holandês como “*Zuidkant van de Serra Geral, Rio Grande do Sul, Brazilië*” (lado Sul da Serra Geral, Rio Grande do Sul, Brasil). Rapidamente o táxon tornou-se uma sensação e motivo de especulação na Europa e em círculos de colecionadores no mundo inteiro. A razão é que, após a descrição de *Notocactus herteri* (Werderm.) Buining & Kreuz., em 1933, foi a segunda espécie do gênero (K. Schum.) Frič a dispor de flores com a coloração diferente (cor-de-laranja) e distinta das usuais do gênero, que são flores amarelas. De acordo com Egli et al. (1995), na etiqueta o holótipo depositado no herbário de Utrecht (exsicata agora no herbário de Leiden, Holanda), a localidade original é

citada como “*Südseite der Serra Geral*” (lado sul da Serra Geral). Há uma segunda exsicata, oriunda de um depósito no herbário de Zurique, em 1965, sob o número ZSS SR 010385, mas sem atribuir a localidade de procedência. Outro fato complementar é que durante final da década de sessenta e início da década de setenta do século XX, Friedrich Ritter depositou duplicatas no herbário do Museu Nacional de História Natural do Chile (SGO). Neste herbário, segundo Eggli et al. (1995), há um terceiro registro para *Notocactus horstii* F. Ritter, sob o número SGO 125279, onde na etiqueta menciona-se apenas o município. Um quarto registro, depositado no herbário de Zurique, sob o número ZSS SR 014764, acompanhada da etiqueta escrita em língua alemã com a localidade original e mencionando o período do final o ano de 1963. No diário pessoal de Ritter disponibilizado pela Deutsche Kakteen-Gesellschaft (2017), a informação apresentada é mais precisa. Herm (1990) ressalta que é a única localidade conhecida da espécie. Segundo Ritter (1966a, 1979), epíteto específico homenagea o seu descobridor, Leopoldo Horst. A Figura 6 ilustra um espécime em cultivo por Leopoldo Horst.

Figura 6 - *Notocactus horstii* F. Ritter HU 17 em plena fase fértil, fotografado em cultivo em 18 de novembro 1966, em Arroio da Seca (atual município de Imigrante), em 18 de novembro 1966.



Fonte: Acervo fotográfico de Leopoldo Horst.

*Notocactus purpureus* F. Ritter foi a segunda espécie do grupo a ser descrita por Friedrich Ritter, publicada em julho de 1970, mais uma vez no periódico holandês *Succulenta*, sem trazer imagem ou ilustração. (RITTER, 1970a; HERM 1993). Segundo a descrição original, *Notocactus purpureus* F. Ritter é caracterizado como:

“*Globosus, postea procerus et clavatus, ad 14 cm crassus, basi saepe proliferans; vertice paulum immerso, lanato; costis 14-19, rectis, 7-15 mm altis, crenatis, obtusis, tuberculis 2-3 mm altis; areolis orbicularibus, inter tuberos, albis, 3-5 mm diam., 5-8 mm inter se distantibus; spinis acicularibus; radialibus ca. 15, albis, rectis, 6-14 mm longis; centralibus 4-6, fulvis, rectis vel curvatis, 8-20 mm longis; floribus ex vertice, 4 cm longis; ovario lana alba obtecto, saetis carente; sulco nectarifero 1/2 mm longo, semiclauso; tubo florali infun-libuliformi, 12 mm longo, superne aliquis saetis, brunneis instructo; filamentis pallide flavis, antheris obscure aureis; stylo pallide flavo, stigmatibus ca 10, patentibus, 7-8 mm longis, albidis; petalis purpureis, 18 mm longis, 4-5 mm latis; fructu rubroviridi; seminibus 1 mm longis, atris, hilo basali prominente*” (RITTER, 1970a, p.109)

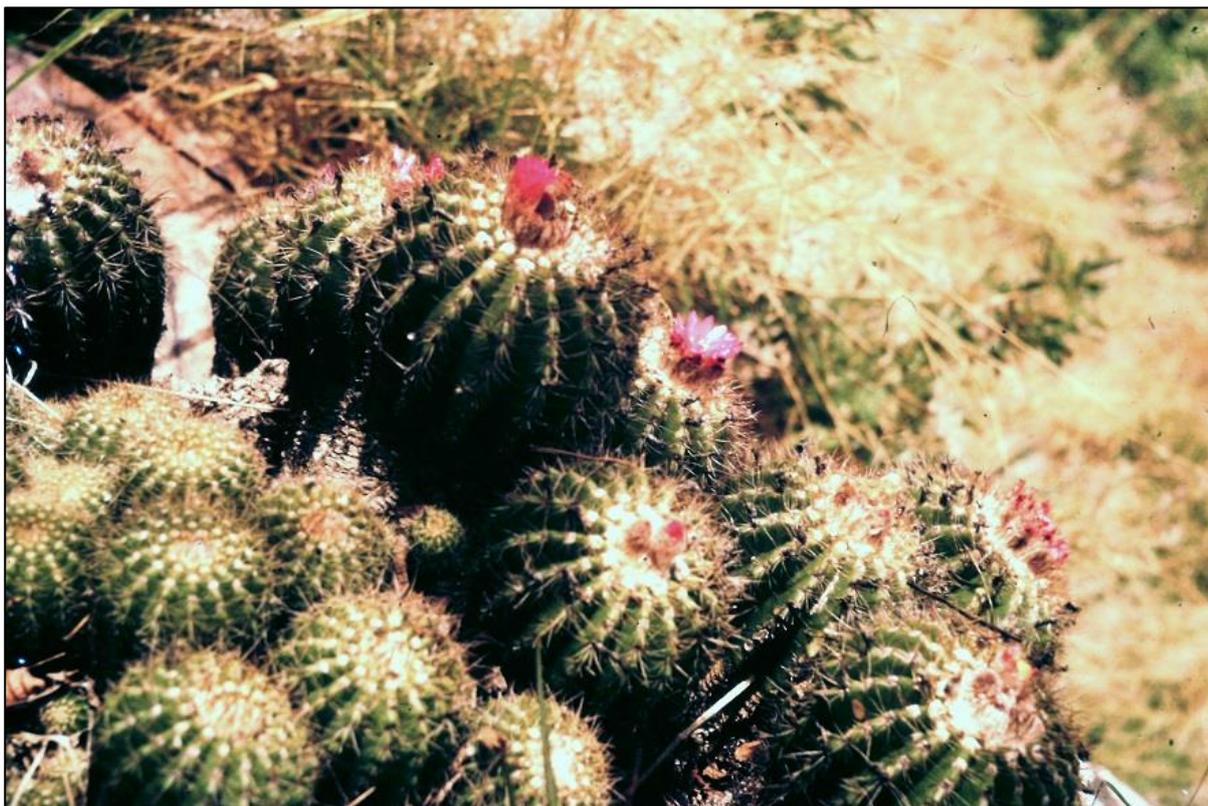
De acordo com a descrição original a localidade é imprecisa, citando apenas “Serra Geral *australis*, Rio Grande do Sul” (sul da Serra Geral, Rio Grande do Sul). Eggi et al. (1995) cita a etiqueta do holótipo (depositada originalmente no herbário de Utrecht, mas atualmente no herbário de Leiden, Holanda), sob o número ZSS S 010382, faz menção apenas a “Serra Geral”, em 1966 e outra etiqueta de outro testemunho, referindo-se a sementes depositadas sob o número ZSS SR 014763, indicando uma localidade mais precisa, mas sem indicar a data. Além dessas, no diário de registros de Leopoldo Horst são mencionadas mais duas localidades para Santa Maria, correspondendo a HU 20c e HU 20d.

Informações mais precisas são encontradas nas anotações Ritter, que segundo a Deutsche Kakteen-Gesellschaft - DKG (2017), o táxon foi encontrado no município de Santa Maria, em uma viagem conjunta com Leopoldo Horst, no dia 24 de março de 1964. Além disso, o mesmo diário traz a localidade original de forma mais precisa e registrando do tipo de ambiente onde ocorre a espécie. Herm (1990, 1993) cita que este local original encontra-se em uma região montanhosa do município de Santa Maria.

As publicações de Ritter (1970a, 1979) não trazem o número de localidades. Herm (1990, 1993) relata que, em 1985, Leopoldo Horst e Werner Uebelmann encontraram outro local não em uma montanha, mas em um vale estreito separado por pequeno rio, com escarpas íngremes rochosas, iluminado pela luz solar apenas algumas horas por dia, perto de Santa Maria. Além desses registros, no diário de Leopoldo Horst são mencionadas mais duas localidades para Santa Maria (HU 20c e HU 20d), totalizando em quatro localidades distintas. Baseado em suas viagens no Rio Grande do Sul, Buining (1970b) faz uma excelente descrição sobre a área e a forma de ocorrência desse táxon, indicando que a espécie habitat encostas

íngremes de montanhas altas, densamente coberta por florestas, praticamente inacessíveis na porção central do Rio Grande do Sul. A Figura 7 traz uma fotografia original a cores de *Notocactus purpureus* F. Ritter em seu habitat natural.

Figura 7 - Duplicata colorida do diapositivo original, enviado por Friedrich Ritter a Leopoldo Horst, cujo apresenta o registro fotográfico do dia do descobrimento de *Notocactus purpureus* F. Ritter FR 1268 = HU 20a, fértil, em 24 de março de 1964.



Fonte: Acervo fotográfico de Leopoldo Horst.

Herm (1990), a partir de observações durante sua expedição realizada em outubro de 1988, cita a diferença fenológica entre os habitats, sendo que no mês de outubro a população do vale estreito encontrava-se em flor, diferentemente da população que encontrava-se mais distante na região montanhosa.

Enfatiza-se que na época da publicação original dessa espécie, o gênero *Notocactus* (K. Schum) Frič encontrava-se em alta popularidade e *Notocactus purpureus* F. Ritter tornou-se uma verdadeira sensação por apresentar flores púrpuras muito atrativas e ornamentais, diferente das usuais do gênero, que apresentam flores amarelas.

O terceiro representante do grupo, uma variedade, foi descrita e publicada como *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter, no livro *Kakteen in Südamerika*, Band 1, editado em 1979 (RITTER, 1979, HERM 1993). Friedrich Ritter considerou afinidades de com a espécie-tipo e também apontou diferenças principalmente na coloração dos espinhos e pétalas assim como outras características de algumas peças da estrutura floral. O autor supracitado caracteriza esta variedade como “*A var. horstii recedit spinis flavobrunneis, stigmatibus 8 mm longis, purpureis, petalis purpureis*” (RITTER, 1979, p. 184). Ainda, na descrição original a localidade tipo é citada como “*Wächst südlich der var. horstii*” (cresce no sul da *var. horstii*) e traz uma fotografia a cores de uma planta fértil em cultivo, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter FR 1269a = HU 20b, em plena fase fértil, em cultivo, registrado em data indefinida, entre 1966 - 1979.



Fonte: Ritter (1979).

Ritter (1979) e Herm (1993) cometem um equívoco ao atribuir o ano de 1965 para o descobrimento desta variedade. Conforme as anotações pessoais de Ritter, disponibilizados pela Deutsche Kakteen-Gesellschaft - DKG (2017), a localidade original foi encontrada na viagem conjunta de Friedrich Ritter com Leopoldo Horst, no dia 17 de março de 1964. Segundo

Eggl et al. (1995), o holótipo não foi encontrado em Utrecht na Holanda e apenas sementes foram depositadas no herbário de Zurique, sob o número ZSS SR14765, juntamente com uma etiqueta mencionando apenas a localidade tipo. Herm (1990, 1993) menciona o habitat como a montanha no Rio Grande do Sul. O referido autor ainda salienta que espécimes foram distribuídos na Europa também sob o nome informal e provisório de *Notocactus erythrinus nomen nudum*. A foto da capa edição de outubro do periódico *Succulenta* de 1970 apresenta uma foto erroneamente associada a *Notocactus purpureus* F. Ritter, tratando-se de fato de *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter, onde seus longos lóbulos estigmáticos são facilmente identificados.

O quarto e último táxon do grupo, *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm, descrito originalmente em 1993, no periódico alemão *Internoto*, dedicado inteiramente para estudos do gênero *Notocactus* (K. Schum.) Frič:

“A *Notocacto horstii* differt petalis semper lanceolatis acutis,  $\pm 3 - 4$  mm latis, aurantiacis ad rubris; semina differunt superficie cuticulae plicata, in qua praeter lineamenta tenuia, quae omnibus in cellis testae adsunt, multis in cellis adhuc lineamenta plicata superiora plicationis lortioris adsunt” (HERM, 1993, p. 64).

Herm (1993) basicamente diferencia da espécie-tipo pela coloração vermelha da flor, pela forma lanceolada (estreita e pontiaguda) das tépalas, mencionando a ocorrência da espécie para os arredores de Candelária. A exsicata desta forma foi depositada no herbário do Museu de História Natural de Rosenstein, perto de Stuttgart, Alemanha. No mesmo artigo, o autor supracitado ainda apresenta de forma inédita um mapa rudimentar com a distribuição geográfica e uma tabela comparativa, demonstrando pequenas diferenças nas flores e outras peças florais do grupo. Conforme a observação de Engel (1988) resultados na diferença das sementes entre os táxons não foi significativa, apenas no padrão da dobra cuticular.

Herm (1990, 1993) menciona o difícil acesso do habitat e por essa razão pouco material autêntico ingressou na Europa, sendo que apenas três exemplares selvagens foram obtidos da coleta original, e que sementes foram para a coleção do jardineiro suíço Henry Mugli e posteriormente foram multiplicadas e propagadas em grandes quantidades. Herm (1993) esclarece a origem do epíteto “*muglianus*”, sugerido por Werner Uebelmann, em homenagem a Henry Mugli devido seu importante papel na propagação e divulgação da planta, que foi difundida pelos viveiros da Europa sob o nome provisório informal de “*Notocactus muegelianus nomen nudum*”, utilizando o epíteto específico com a grafia errada.

O mesmo autor atribui o descobrimento a uma viagem de Horst e Ritter, porém, curiosamente não há registros nas anotações de Ritter. Outro fato a ser observado é que Friedrich Ritter não estabeleceu nenhum número de campo para esta descoberta e também não realizou observações em seu diário, considerando que o encerramento de sua expedição no Rio Grande do Sul ocorreu no dia 9 de abril de 1965. Da mesma forma, em seu livro *Kakteen in Südamerika*, nada é mencionado.

Entretanto, há uma correspondência de Leopoldo Horst para Friedrich Ritter, datada de 11 de junho de 1966, apresentando uma lista de observações sobre seus achados interessantes. Nesta carta inédita e não publicada é apresentada primeiramente uma lista com os números e localidades dos achados de Leopoldo Horst, onde: “HU 82 - *Notocactus spec. aus der Gruppe herteri*”, ou seja, “*Notocactus spec. do grupo herteri*”, referindo-se a semelhança desta nova planta encontrada com *Notocactus herteri* (Werderm.) Buining & Kreuz., espécie descrita em 1936. Na outra página da carta, a localidade do achado é fornecida com mais detalhes.

Com essas constatações, supõe-se que Leopoldo Horst encontrou esta nova variedade sozinho, entre o término da viagem junto com Friedrich Ritter (9 de abril de 1965) e a data da carta remetida à Ritter (11 de junho de 1966), durante uma de suas muitas viagens na região central do Rio Grande do Sul. Outro importante fato, de acordo com notas do diário pessoal do pesquisador holandês Albert Buining, disponibilizados pela Sociedade Holandesa de Cactus *Succulenta* (2017), Leopoldo Horst o acompanhou nesse mesmo habitat, em 10 de novembro de 1966, quando realizaram algumas observações e fotos na natureza. A Figura 9 apresenta uma imagem desta bela forma, fotografada em cultivo na coleção de Leopoldo Horst.

Figura 9 - *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm HU 82 em cultivo, em fase fértil, em Arroio da Seca (Imigrante), em 31 de julho de 1971.



Fonte: Acervo fotográfico de Leopoldo Horst.

### 2.3.5 Considerações ambientais e desdobramentos taxonômicos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor

De forma geral, conforme Buining (1970b); Herm (1990, 1993) os habitats das espécies desse grupo encontram-se em picos e escarpamentos rochosos em encostas de montanhas arborizadas, em uma área limitada, com cerca de 100 quilômetros em linha reta, de Candelária para Santa Maria. É enfatizada a ocorrência de forma fragmentada e descontínua, sem a presença de pontos de contato entre os táxons, todos ao sul da Serra Geral no Rio Grande do Sul. O referido autor ainda menciona a possibilidade de serem encontrados outros locais na natureza, enfatizando as extremas dificuldades para a realização de novas descobertas.

Em consequência dessas observações, Herm (1993) realizou uma revisão taxonômica neste grupo, onde manteve o *status* de espécie para *Notocactus horstii* F. Ritter, estabelecendo novas combinações taxonômicas para *Notocactus purpureus* F. Ritter e *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter, (ambas sendo taxonomicamente rebaixadas para formas de *Notocactus horstii* F. Ritter) e ainda descrevendo uma nova forma como *Notocactus horstii* f. *muglianus*

K. Herm. Assim, até o ano de 1993, considerando o gênero *Notocactus* (*sensu strictu*), foram descritas as seguintes espécies, variedades e formas: *Notocactus horstii* F. Ritter, *Notocactus horstii* f. *purpureus* (F. Ritter) K. Herm, *Notocactus horstii* f. *purpureiflorus* F. Ritter e *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm. Posteriormente, a descrição formal proposta por Herm (1993) para *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm. foi invalidada devido o descumprimento do Artigo 40.6 do Código Internacional de Nomenclatura Botânica para algas, fungos e plantas (*International Code of Botanical Nomenclature for algae, fungi and plants - ICBNafp*), conforme Turland et al. (2018), pela ausência da palavra *typus* ou *holotypus* na descrição original. Posteriormente, esta falha foi retificada, revalidando e mantendo o mesmo epíteto “*muglianus*” para esta forma, onde cita: “*Differs from Notocactus horstii* f. *horstii* by the always lanceolata pointed perianth segments and the orange to red flowers” (PONTES, 2019, p. 242). Após essa correção, *Notocactus horstii* f. *muglianus* K. Herm & Pontes é considerado um nome válido de acordo nomenclatura usual botânica.

Na segunda metade da década de oitenta do século XX, Hunt e Taylor (1987) realizaram transferências de táxons do gênero *Notocactus* (K. Schum.) Frič para o gênero *Parodia* Speg. Da mesma forma foi transferido *Notocactus horstii* F. Ritter, atualmente reconhecido e válido como *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, de acordo com a International Code of Botanical Nomenclature for algae, fungi and plants (ICBNafp). Os demais outros táxons descritos após *Notocactus horstii* F. Ritter foram considerados sinônimas pelos dois autores. Essa delimitação taxonômica e transferência, no conceito de Hunt e Taylor (1987) foram baseadas em conceitos biogeográficos, também como características vegetativas observadas em plantas em cultivo na Europa e dados de localização geográfica disponíveis naquela época.

Após a apresentação de todos táxons do grupo, são pertinentes algumas observações do ponto de vista taxonômico. Com os três primeiros táxons descritos (*Notocactus horstii* F. Ritter, *N. purpureus* F. Ritter e *N. horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter), é interessante ressaltar o conceito de “espécie” utilizado por Friedrich Ritter, considerando aspectos como diferenças nas peças florais, coloração das tépalas e principalmente distanciamento espacial das populações como critérios de delimitação das espécies, sendo alguns contestáveis com os estabelecidos pelas regras de taxonomia botânica contemporânea. O quarto e último táxon (*Notocactus horstii* f. *muglianus* Herm & Pontes) o conceito é mais criterioso e ponderado, onde os autores consideram que as poucas diferenças em comparação a espécie tipo não são suficientes para o enquadramento do táxon como uma variedade ou até mesmo uma espécie. Esse conceito é próximo ao estabelecido por Ritter, porém ambos são antagônicos aos conceitos adotados por Hunt e Taylor (RITTER 1979, HUNT E TAYLOR 1987; HUNT, et al., 2006).

Desta forma, existem duas propostas taxonômicas baseadas em classificações diferentes e realizadas em tempos distintos. A de Friedrich Ritter e Konrad Herm, que priorizam mais as diferenças do que similaridades na classificação, ampliando o número de espécies utilizando gênero *Notocactus* (K. Schum.) Frič e a de David Hunt e Nigel Paul Taylor, onde são focadas mais as similaridades do que as diferenças na classificação, reduzindo o número de espécies e utilizando o gênero *Parodia* Speg.

Atualmente não há um consenso sobre qual nome deve prevalecer, mas a literatura mais atualizada de Anderson (2001), Hunt et al. (2006) e Nyffeler e Eggli (2010), esta última baseada em dados provenientes de investigação molecular dos gêneros e algumas espécies, reconhecem as quatro entidades taxonômicas apenas como *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, apesar da total ausência de estudos filogenéticos individuais para cada um dos quatro entidades taxonômicas deste grupo.

### **2.3.6 Status de conservação de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor**

A respeito do seu estado de conservação, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor encontra-se inclusa no Apêndice II do Livro de Espécies Ameaçadas da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas de Fauna e Flora Selvagem (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora - CITES*), virtude de suas condições de ameaça, devido ao seu desaparecimento e a descaracterização de seus habitats (HUNT, 2016).

De acordo com a Lista Vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature - IUCN*), segundo dados fornecidos do ano de 2013, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor apresenta apenas seis localidades conhecidas (não há especificação das localidades), com contínuo declínio populacional de área e qualidade ambiental do habitat. A espécie ocorre em áreas rochosas como escarpas e picos de montanhas, em florestas decíduas, com significativas variações morfológicas alopátricas, em provável processo de especiação. Suas ameaças são apontadas como a agricultura (conversão do uso da terra), produção de energia, mineração, uso de recurso biológico (coleta indiscriminada), perturbação antrópica (atividades recreacionais), modificação (conversão) de sistemas ambientais e eventos geológicos (desmoronamentos). Também é mencionado que a o táxon não ocorre ao menos em uma área protegida.

Já segundo as informações fornecidas pela Flora do Brasil 2020, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor é endêmica do Brasil, presente nos domínios fitogeográficos Mata Atlântica

e Pampa, crescendo sobre afloramentos rochosos, cuja categoria de ameaça corresponde a dados deficientes ou insuficientes (*Data Deficient* - DD). Conforme Centro Nacional de Conservação de Flora, a espécie é ocorrente em áreas de campo no Rio Grande do Sul, ressaltando que dados de sua distribuição e o estado de suas populações são insuficientes para categorizá-la em algum risco de extinção de acordo com os critérios disponibilizados da União Internacional para a Conservação da Natureza (*International Union for Conservation of Nature* - IUCN). Por este motivo a espécie é classificada como deficiente de dados (*Data Deficient* - DD), que carece de de informações para avaliação. As ameaças são listadas como perda e degradação de habitat devido ações antrópicas. Na Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul (2014) a espécie é posicionada na Categoria “Em Perigo” (*Endangered* - EN), critério C1, com risco muito alto de ser extinto, também relacionada com a degradação ou perda de habitat. Por fim, obra de Carneiro et al. (2016) reproduz essa mesma caracterização, onde o táxon também é avaliado como “Em Perigo” (*Endangered* - EN).

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÀREA DE ESTUDO**

A área de realização da pesquisa, delimitada pelo autor, situa-se na região central do Rio Grande do Sul, localizada entre as coordenadas geográficas na 29° 00' e 29° 45' de Latitude Sul e 52°45' e 54° 45' de Longitude Oeste, apresentando altitude mínima de 28 metros e altitude máxima de 673 m metros. Os mapas de localização da área de estudo, de localização dos perfis topográficos da área de estudo e os perfis topográficos SW-NE: A-B e W-E: C-D são apresentados, respectivamente nas Figuras 10, 11 e 12.



Figura 10 - Mapa de localização da área de estudo na região central do Rio Grande do Sul.

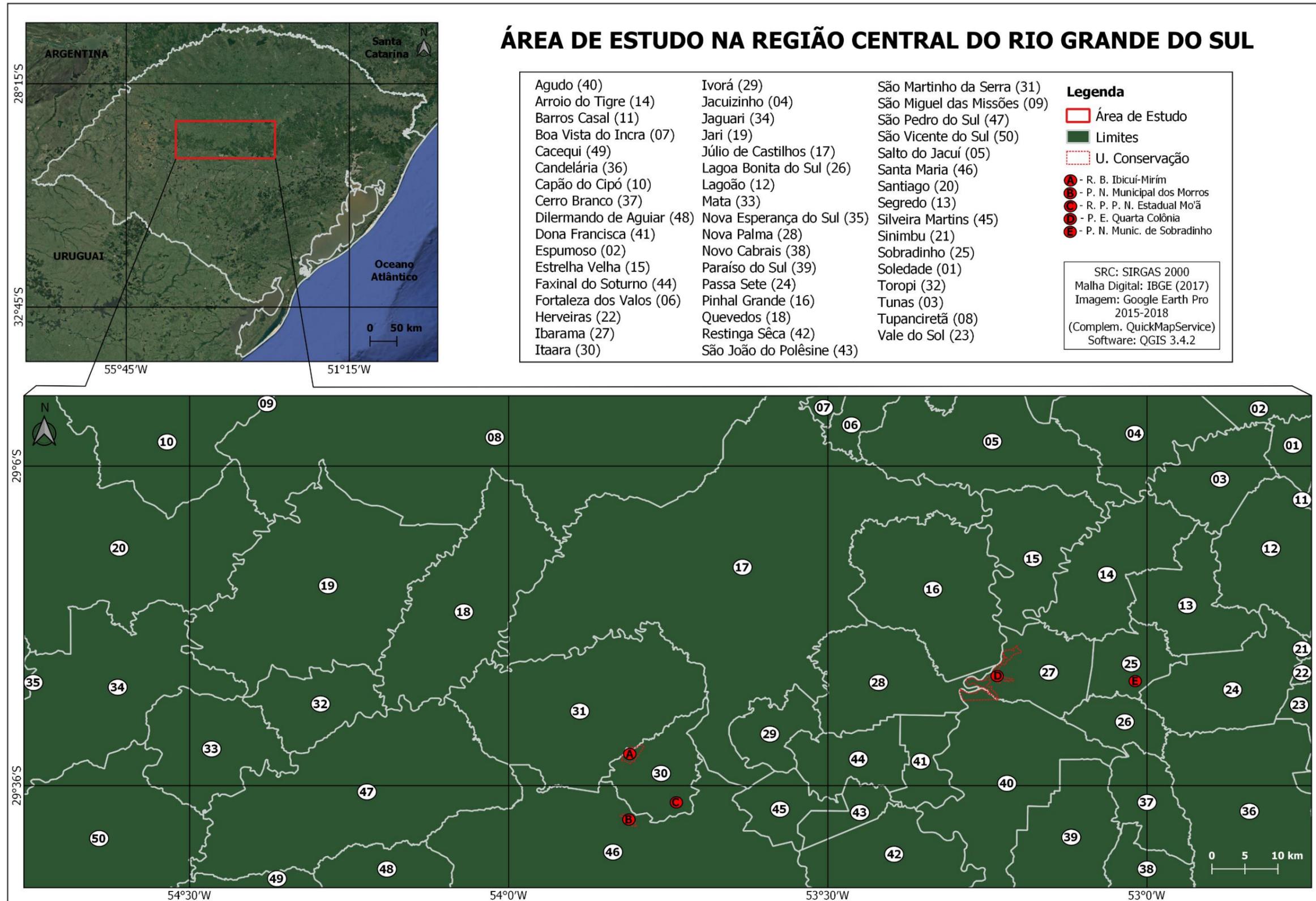


Figura 11 - Mapa de localização dos perfis topográficos da área de estudo.

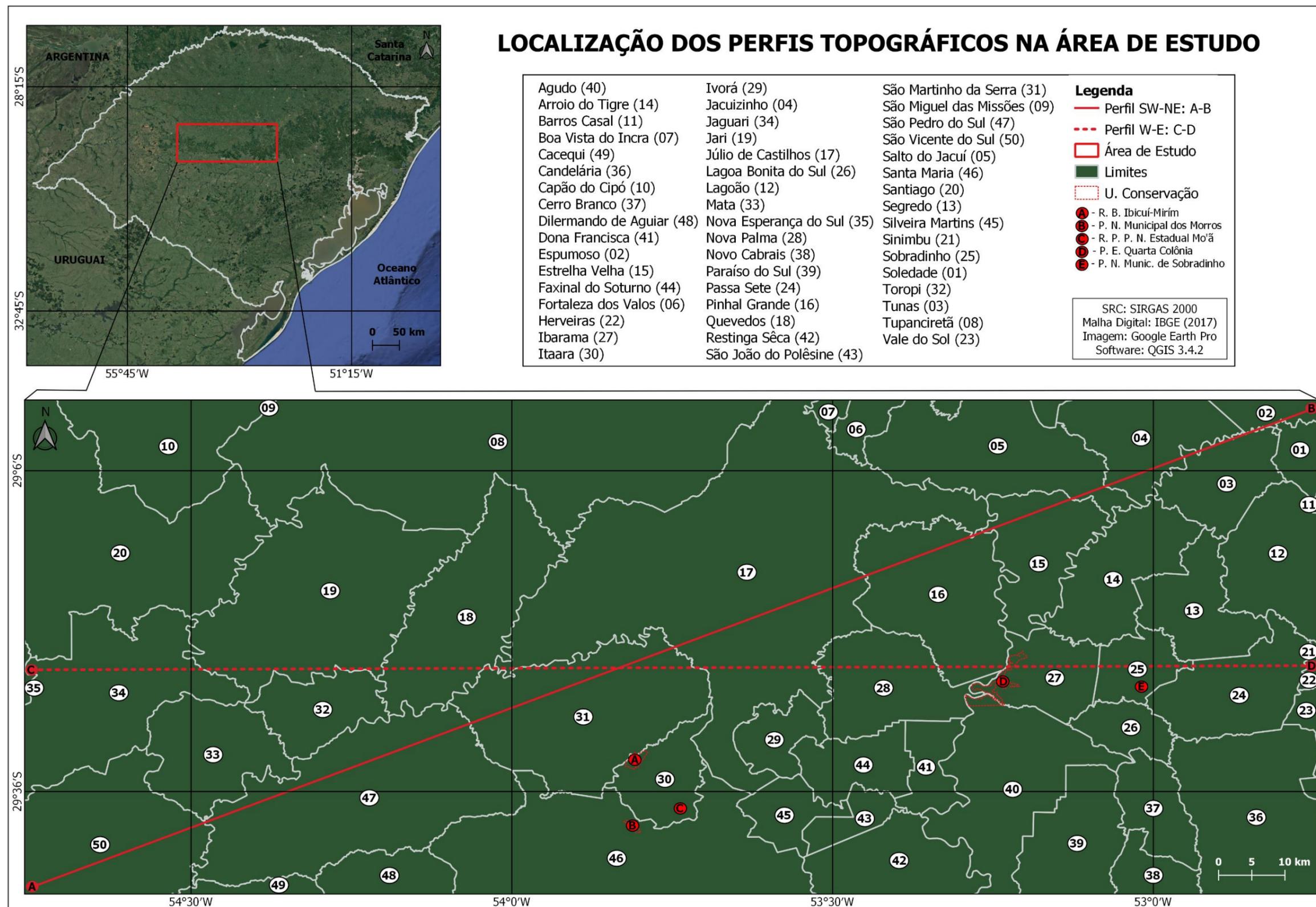
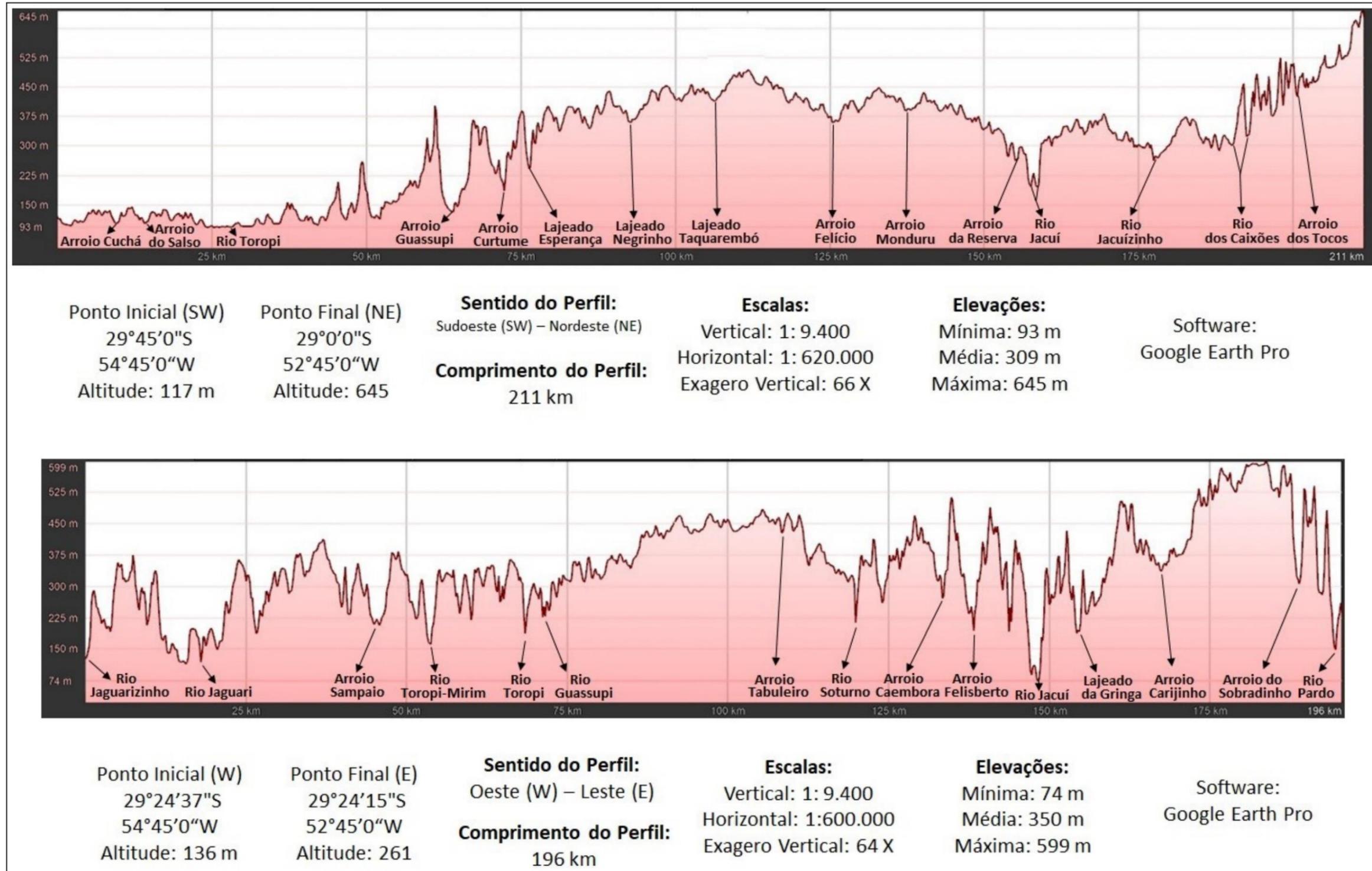


Figura 12 - Perfis topográficos da área de estudo: Sudoeste (SW) - Nordeste (NW) e Oeste (W) - Leste (E).





O recorte espacial da área de estudo, conforme a Tabela 1, abrange 50 municípios, localizados na Região Central do Rio Grande do Sul, totalizando 16.005,11 km<sup>2</sup>.

Tabela 1 - Municípios e respectivos valores da área territorial total, porção na área de estudo e porcentagem na área de estudo.

<b>Município</b>	<b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porção na Área de Estudo (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem na área de Estudo (%)</b>
Agudo	534,62	473,43	88,55
Arroio do Tigre	315,13	315,13	100,00
Barros Cassal	648,90	0,60	0,09
Boa Vista do Incra	503,47	14,46	2,87
Cacequi	2.373,17	25,51	1,08
Candelária	944,06	512,47	54,28
Capão do Cipó	1.007,80	351,52	34,88
Cerro Branco	158,03	158,03	100,00
Dilermando de Aguiar	601,17	118,50	19,71
Dona Francisca	114,15	114,15	100,00
Espumoso	783,64	44,62	5,69
Estrela Velha	281,61	281,61	100,00
Faxinal do Soturno	169,51	169,51	100,00
Fortaleza dos Valos	649,79	69,73	10,73
Herveiras	118,25	7,20	6,08
Ibarama	195,43	195,43	100,00
Itaara	172,80	172,80	100,00
Ivorá	122,93	122,93	100,00
Jacuizinho	339,40	252,66	74,44
Jaguari	672,74	564,95	83,98
Jari	856,48	856,48	100,00
Júlio de Castilhos	1.929,40	1.905,28	98,75
Lagoa Bonita do Sul	109,28	109,28	100,00
Lagoão	386,41	284,41	73,60
Mata	311,88	311,88	100,00
Nova Esperança do Sul	191,00	0,95	0,50
Nova Palma	314,61	314,61	100,00
Novo Cabrais	193,00	81,55	42,26
Paraíso do Sul	337,53	258,19	76,49
Passa Sete	304,83	304,83	100,00
Pinhal Grande	478,11	478,11	100,00
Quevedos	543,36	543,36	100,00
Restinga Sêca	968,62	243,63	25,15
São João do Polêsine	78,32	78,32	100,00
São Martinho da Serra	669,55	669,55	100,00
São Miguel das Missões	1.227,93	0,16	0,01
São Pedro do Sul	873,73	873,73	100,00
São Vicente do Sul	1.172,64	492,12	41,97
Salto do Jacuí	507,70	461,65	90,93

(continua)

(conclusão)

Santa Maria	1.781,57	624,52	35,05
Santiago	2.414,20	855,16	35,42
Segredo	245,97	245,97	100,00
Silveira Martins	119,29	119,29	100,00
Sinimbu	510,05	3,44	0,67
Sobradinho	128,38	128,38	100,00
Soledade	1.215,22	61,75	5,08
Toropi	203,00	203,00	100,00
Tunas	217,67	217,67	100,00
Tupanciretã	2.253,25	1.285,00	57,03
Vale do Sol	328,27	27,64	8,42

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O polígono referente à área de estudo abrange 24 cartas topográficas, todas na escala de 1:50:000 de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Cartas topográficas abrangidas pela área de estudo.

<b>Carta Topográfica</b>	<b>Folha</b>
Agudo	SH.22-V -C- V-2
Camobi	SH.22-V -C- IV-2
Candelária	SH.22-V -C- VI-1
Cascata do Ivaí	SH.22-V-C-II-1
Faxinal do Soturno	SH.22-V -C- V-1
Jaguari	SH.21-X-D-II-4
Júlio de Castilhos	SH.22-V-C-I-2
Mata	SH.21-X-D-VI-1
Monte Alegre	SH.21-X-D-III-1
Nova Jacuí	SH.22-V-C-II-2
Nova Palma	SH.22-V-C-II-3
Passo do Rosário	SH.21-X-D-II-2
Quevedos	SH.21-X-D-III-4
Rio Guassupi	SH.22-V-C-I-3
Santa Luzia	SH.21-X-D-III-2
Santa Maria	SH.22-V -C- IV-1
São Pedro do Sul	SH.21-X-D-VI-2
São Vicente do Sul	SH.21-X-D-V-2
Segredo	SH.22-V-C-III-3
Sobradinho	SH.22-V-C-II-4
Tunas	SH.22-V-C-III-1
Tupanciretã	SH.22-V-C-I-1
Val de Serra	SH.22-V-C-I-4
Vinte Tiros	SH.21-X-D-III-3

Fonte: Cartas Topográficas do Exército Brasileiro.

### 3.1.1 Clima

O clima da área de estudo, conforme os critérios da classificação climática de Köppen (1900), posteriormente sustentada por Alvarez et al. (2014), enquadra-se no tipo climático Cfa (Clima mesotérmico brando), de Clima Subtropical Úmido, ou seja, clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com ausência de estação seca, úmida ao longo do ano e com a presença de verões quentes, com a temperatura média do mês mais frio superior a  $-3,0^{\circ}\text{C}$  e a temperatura média do mês mais quente superior a  $22,0^{\circ}\text{C}$ .

De acordo com Pastore et al. (1986), no Rio Grande do Sul o clima pode revelar uma dupla estacionalidade, provocada por um período frio durante o inverno, alterado por um período subúmido e quente ao longo do verão. As temperaturas médias anuais na área de estudo variam entre  $18,0^{\circ}\text{C}$  a  $20,0^{\circ}\text{C}$ . Conforme Moreno (1961) a variação da temperatura está relacionada às diferenças altitudinais no relevo, influência da continentalidade e maritimidade e a presença de diferentes massas de ar.

As precipitações pluviométricas bem distribuídas e regulares ao longo de todo ano, com ausência de estação seca. Segundo Sartori (1993) a umidade relativa do Rio Grande do Sul oscila entre 70% e 85%, sendo mais expressiva no inverno. A precipitação média anual varia entre 1600 - 1700 mm, podendo atingir até 2000 mm, com consideráveis variações em diferentes direções. No sentido Sul-Norte, o Sul registra valores pluviométricos inferiores de chuva, cerca de 1200 mm anuais. Na região norte e nordeste, na região serrana, os valores são superiores, cerca de 2000 mm anuais.

Conforme Sartori (2003) os meses de setembro e outubro são os que apresentam maior precipitação pluviométrica, sendo que o mês de novembro apresenta menor precipitação. A distribuição espacial das chuvas, de acordo com Araújo (1930), é influenciada por fatores orográficos, impulsionando o movimento de ascensão do ar e assim promovendo a precipitação pluviométrica.

No que trata dos ventos, segundo Sartori (2003), na área de estudo predominam de Leste (E) e de Sudeste (SE), com as suas direções influenciadas pelo sentido geral do rebordo do planalto (E-W), sendo conduzidos pela Depressão Periférica Sul-rio-grandense. Ressalta-se presença de nevoeiros, mais frequentes durante maio a agosto na unidade Depressão Periférica Sul-rio-grandense do que nos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná. A autora supracitada ressalta a presença dos nevoeiros próximos a encosta do Planalto, associados à influência da Frente Fria (FPA) sobre o Rio Grande do Sul.

No polígono da área de estudo encontram-se duas estações meteorológicas administradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde uma situa-se no município de Santa Maria, entre as coordenadas 29° 42'S de latitude e 53° 42'W de longitude e outra no município de Cruz Alta, entre as coordenadas 28° 38'S de latitude, 53° 36'W de longitude. As estações, respectivamente, encontram-se a 95 metros e a 472,5 metros de altitude. Os valores das normais climatológicas correspondentes a essas duas estações, no período de 1961 - 1990, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Normais Climatológicas de 1961 - 1990 conforme os dados disponibilizados pelo INMET.

<b>Elementos Climáticos</b>	<b>Estação Meteorológica de Santa Maria</b>	<b>Estação Meteorológica de Cruz Alta</b>
Temperatura Média Compensada (°C)	18,8	18,5
Temperatura Máxima (°C)	24,9	24,5
Temperatura Mínima (°C)	14,3	13,6
Precipitação Anual (mm)	1616,8	1630,7
Umidade Relativa (%)	76,5	71,3
Vento (Intensidade) (m/s)	2,82	2,45
Nebulosidade (décimos)	0,6	0,6

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2021).

É importante mencionar que a Região Sul também sofre influência dos fenômenos El Niño e La Niña. O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado um fenômeno de grande escala, ocorrendo no Oceano Pacífico Equatorial. De acordo com Berlato e Fontana (2003) El Niño é o aquecimento das águas juntamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico Leste, também denominado de fase quente ou negativa (IOS negativo). Já La Niña, conforme Berlato e Fontana (2003), é caracterizado pelo resfriamento das águas e o aumento da pressão atmosférica na região leste do Pacífico, reconhecido também como Fase Fria ou IOS positivo. Ambos fenômenos apresentam influência na dinâmica climática do Rio Grande do Sul, onde o El Niño promove a

Precipitação pluvial abundante, principalmente na primavera do ano de início do fenômeno e precipitação acima do normal no final do outono e início do inverno do ano seguinte. As frentes frias que vêm do sul podem ficar semi-estacionárias na Região por vários dias provocando precipitação pluvial (BERLATO; FONTANA, 2003. p. 32).

E La Niña, apresenta influência nas:

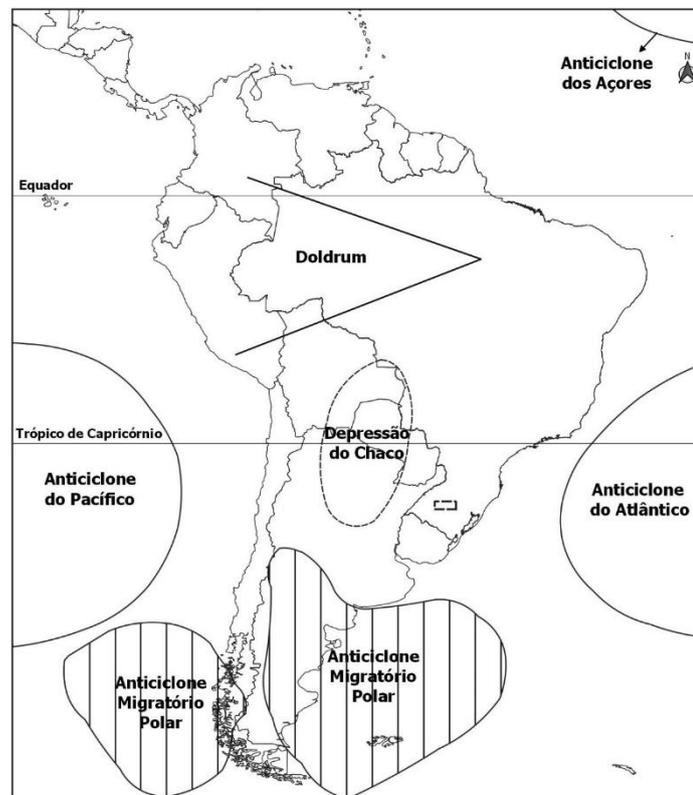
Passagens rápidas das frentes frias nessa região com tendência de diminuição da precipitação pluvial, especialmente na primavera e início do verão. Tendência de temperaturas abaixo da média, especialmente da média mínima na primavera no Rio Grande do Sul” estacionárias na Região por vários dias provocando precipitação pluvial (BERLATO; FONTANA, 2003. p. 33).

A sucessão dos estados do tempo da Região Sul, conforme Monteiro (1963) e Sartori (2003), são oriundas de várias massas de ar atuantes na circulação atmosférica. No Rio Grande do Sul, os principais Centros de Ação correspondem ao Anticiclone Migratório Polar (AMP), Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e a Depressão do Chaco, conforme Figura 13.

Ainda no sistema atmosférico da Região Sul, segundo Monteiro (1980) e Sartori (2003) ocorre a atividade de sistemas extratropicais determinantes na circulação atmosférica regional, caracterizados por frentes e massas polares controlando majoritariamente os estados de tempo, regimes de chuva e os sistemas atmosféricos intertropicais (correntes perturbadas e massas tropicais). De acordo com Sartori (1993, 2003) os sistemas atmosféricos extratropicais mais predominantes na dinâmica do clima do Rio Grande do Sul são caracterizados pela maior participação da Massa Polar Velha (MPV), seguida da Frente Polar Atlântica (FPA) e da Massa Polar Atlântica (MPA). Já os sistemas intertropicais são representados pela atuação da Massa Tropical Atlântica (MTA) e da Massa Tropical Continental (MTC).

Conforme Monteiro (1963), durante a estação outonal, a Frente Polar Atlântica (FPA) torna-se intensa devido o resfriamento do hemisfério Sul, intensificado a formação e entradas de massas de ar no RS como a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA).

Figura 13 - Centros de Ação da América do Sul.

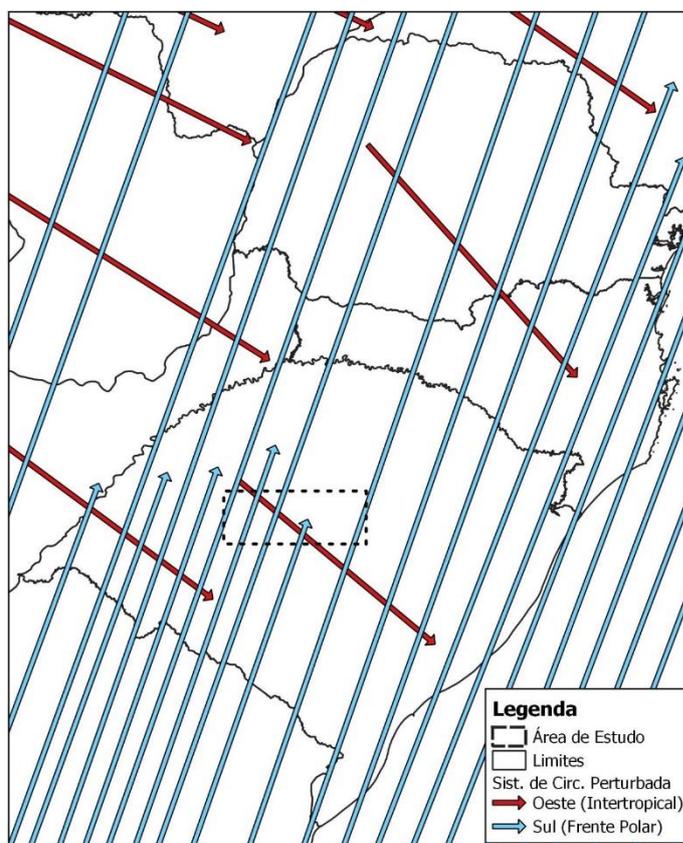


Fonte: Monteiro (1963), com adaptação do autor.

Sartori (2003) destaca que o Rio Grande do Sul encontra-se em uma zona de transição climática, onde a distribuição da precipitação pluviométrica apresenta-se de forma regular e frontal, resultante do constante avanço de massas polares durante todo o ano. A referida autora menciona a influência do relevo na variação espacial do volume de precipitação pluviométrica, principalmente pelo fato do planalto (Serra Geral), em sua porção central, possuir um alinhamento perpendicular à direção do deslocamento de frentes polares, que se deslocam do sentido sudoeste (SW) em direção ao nordeste (NE), das altas altitudes do Oceano Pacífico até latitudes tropicais no Oceano Atlântico.

Em razão dessa zona de transição climática e posição subtropical, o estado do Rio Grande do Sul encontra-se em uma área de constante conflito de massas. Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou também aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental) refletem na distribuição da precipitação pluviométrica, impulsionada por sucessivas passagens frontais ao longo do ano, onde as chuvas frontais são predominantes, cerca de 90-97%, conforme a Figura 14.

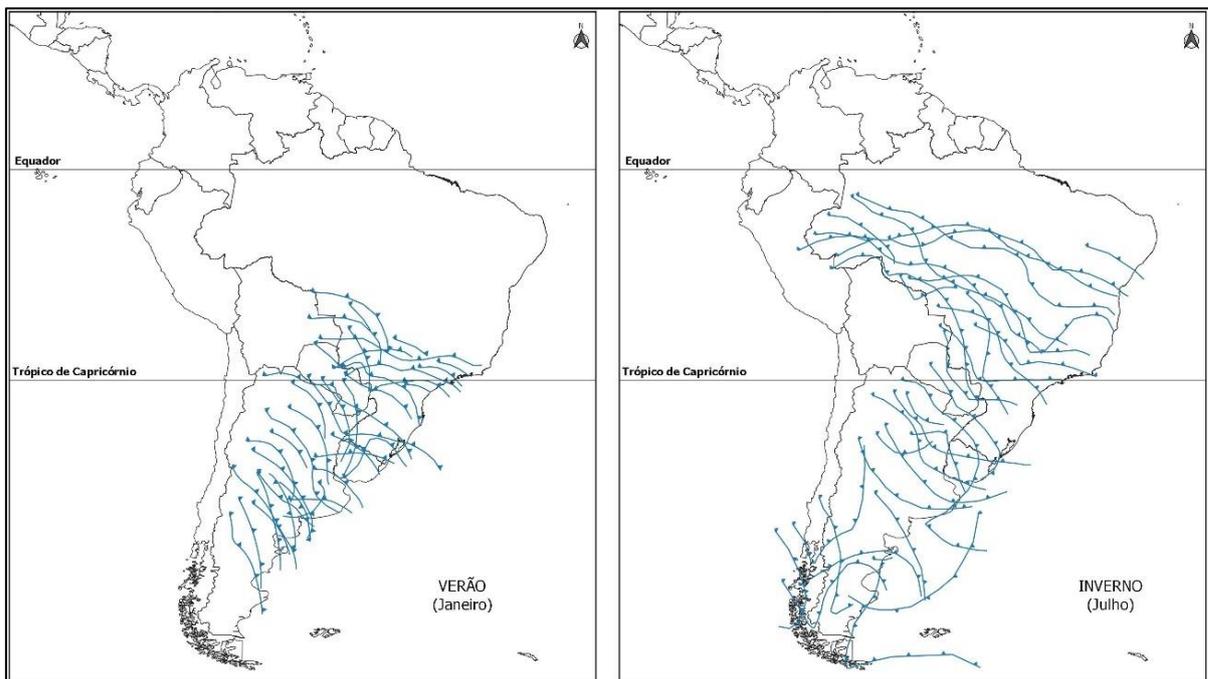
Figura 14 - Dinâmica do Sistema de Circulação Atmosférica Perturbada na Região Sul do Brasil, apresentando o conflito entre a Instabilidade Tropical (IT) e a Frente Polar (FP).



Fonte: Nimer (1989), com adaptação do autor.

Ainda, de acordo com Sartori (2003), a dinâmica do Clima do Rio Grande do Sul é influenciada pela sua localização geográfica em zona de transição, onde esta condição reflete-se na atuação dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (frentes e massas polares) e dos Sistemas Atmosféricos Intertropicais (correntes perturbadas e massas tropicais) e, conseqüentemente, na distribuição de chuvas. Esse dinamismo de aspectos geográficos regionais e sucessão de variados tipos de tempo ocasionam apenas variações dos valores dos elementos climáticos. Ainda, conforme a referida autora, ao longo do verão a temperatura do mês mais quente encontra-se superior à superior a  $22,0^{\circ}\text{C}$  (média das máximas variando entre  $28,0^{\circ}\text{C}$  à  $32,0^{\circ}\text{C}$ ), promovida pela Massa Polar Velha (MPV) ou Massa Tropical Atlântica (MTA) ou ainda a Massa Tropical Continental (MTC). O clima da área de estudo caracteriza-se com a temperatura média no mês mais frio entre  $10,0^{\circ}\text{C}$  a  $15,0^{\circ}\text{C}$  e média das mínimas entre  $6,0^{\circ}\text{C}$  a  $10,0^{\circ}\text{C}$ , devido a influência do Anticiclone Polar Atlântico (APA) e da Frente Polar, ambos com atividades mais intensas durante a estação invernal, de acordo com Figura 15.

Figura 15 - Posição da Frente Polar ao longo do inverno e o verão na América do Sul.



Fonte: Monteiro (1963) com adaptação do autor.

### 3.1.2 Geologia

A área de estudo encontra-se inserida na porção meridional da Bacia do Paraná, formada por rochas sedimentares e vulcânicas, com extensão espacial de aproximadamente 1.500.000 km<sup>2</sup>. Segundo Milani (1997), Milani e Ramos (1998), seu processo de gênese teria ocorrido, durante o Paleozóico e Mesozóico, em um período com cerca de 400 a 450 milhões de anos. Conforme a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2010), a geologia da área de estudo contempla as seguintes formações geológicas, de acordo com sua posição na sequência estratigráfica: Formação Pirambóia, Sanga do Cabral, Formação Santa Maria, Formação Caturrita, Formação Botucatu (na Depressão periférica sul-rio-grandense) e Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Formação Tupanciretã (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná).

A formação mais basal na área de estudo, a Formação Pirambóia, pertencente ao Grupo Passa Dois, é representada por arenitos de granulação média à fina e com geometria lenticular bem desenvolvida. Apresenta depósitos originários de processos eólicos intercalados com processos fluviais, em ambiente continental depositado no Permiano Terminal.

Na sequência estratigráfica, iniciando o Grupo Rosário do Sul, apresenta-se a Formação Sanga do Cabral, identificada como corpos tabulares ou lenticulares alongados, com a presença de brechas e conglomerado intraformacional, com siltito e de forma mais rara argilito. Sedimentos originários de ambiente continental, depositados através de canais fluviais interlaçados ao longo do o Triássico Inferior. Pode conter fragmentos de vertebrados fósseis de anfíbios e répteis, dentre eles os Procolofonídeos. Acima desta formação encontra-se a Formação Santa Maria, onde de acordo com Bortoluzii (1974) e Maciel Filho (1990), divide-se em Membro Passo das Tropas, permeável, variando entre arenitos (grossos a médios) e arenitos conglomeráticos em direção a sua base, com estratificação cruzada, podendo conter fósseis de plantas respectivos a flora *Dicroidium*; e Membro Alemoa apresentando siltitos argilosos maciços, com fósseis de terápodos. Destaca-se que os dois membros são oriundos de depósitos do Triássico Médio, provenientes de canais fluviais de antigas planícies de inundação e ambientes lacustres continentais. Na formação seguinte, a última pertencente ao Grupo Rosário do Sul, encontra-se a Formação Caturrita. Conforme Bortoluzzi (1974) e CPRM (2010) é composta por arenitos finos, médios e grossos a conglomerados, de coloração rósea à alaranjada, apresenta laminação cruzada de médio à grande porte. Ressalta-se que esta formação também pode conter fragmentos vegetais de troncos silicificados, fósseis de vertebrados e perfurações de invertebrados (icnofósseis). Depositado durante o Triássico Superior, originário de ambiente continental, relacionado a canais fluviais e corpos lacustres.

Pertencente ao Grupo São Bento, a Formação Botucatu é composta por arenitos finos a grossos, apresentando coloração avermelhada, grãos bem selecionados, arredondados e estratificações cruzadas de elevado ângulo. Depositado por dunas eólicas, corresponde a ambiente continental desértico, oriundo da segunda metade do período Jurássico.

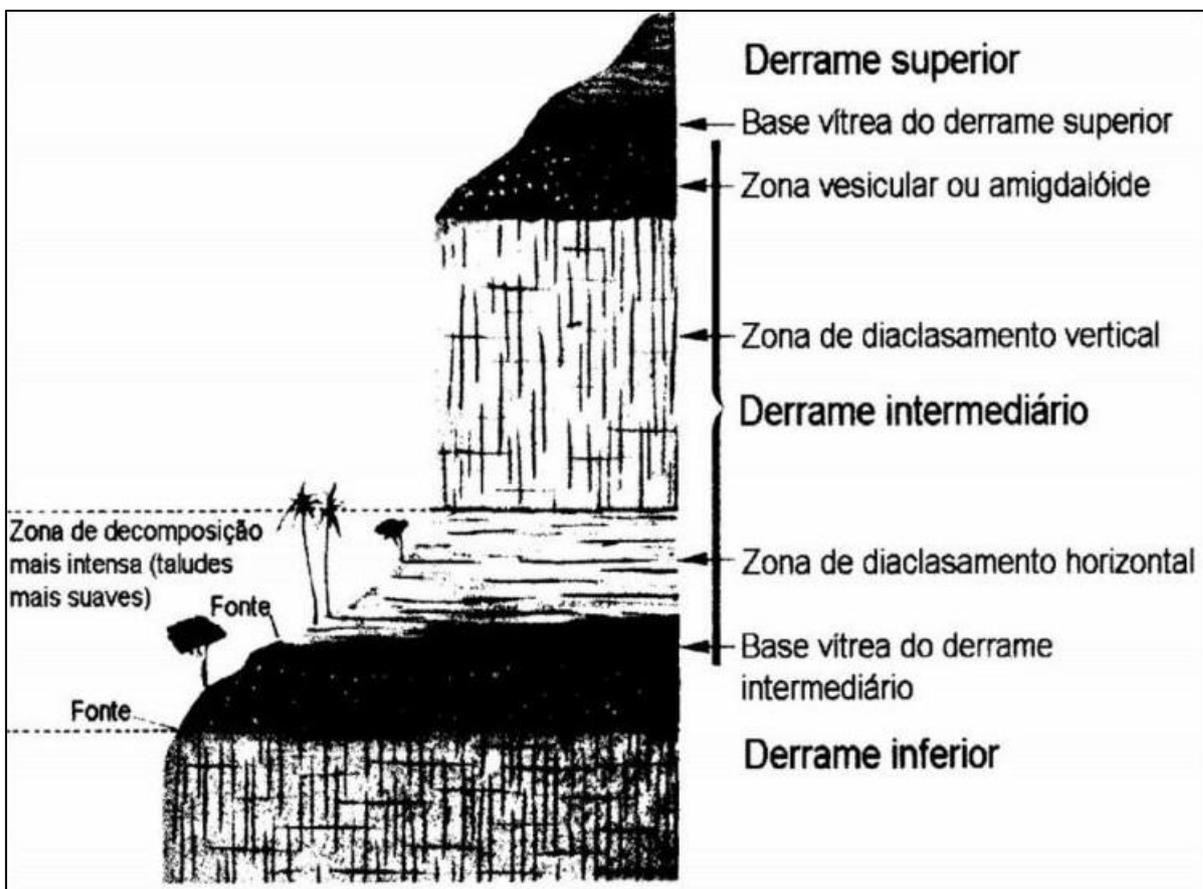
Acima da formação anterior encontra-se a Formação Serra Geral, caracterizada por sucessivos derrames de lava, podendo ser básicos ou ácidos, oriundos de derrames de vulcanismo fissural e apresentando um empilhamento de lava de distintos derrames. Esse tipo de vulcanismo originou rochas como basaltos, basaltos andesitos, riolitos e riolitos, de origem toleítica. Em sua base pode apresentar intercalações com os arenitos intertrápicos da Formação Botucatu e na porção mediana até o topo litarenitos e sedimentos vulcanogênicos.

De acordo com peculiaridades geoquímicas divide-se em várias fácies, onde na área de estudo encontram-se apenas duas, a Fácies Gramado e a Fácies Caxias. A porção mais basal da sequência vulcânica, a Fácies Gramado, é caracterizada por derrames basálticos granulares finos a médios, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares podendo ser preenchidos por apofilitas,

carbonatos, saponitas e zeolitas. Pode apresentar estrutura de fluxo de lava, intercalações com os arenitos Botucatu (*intertrapp*).

A Fácies Caxias, porção superior, compreende derrames de composição intermediária à ácida, formada por riolacitos à riolitos, mesocráticos, microgranulares à vitrofíricos, com textura esferulítica, com forte disjunção tabular no topo dos derrames, sendo maciço na porção central. Também pode apresentar dobras de fluxo, autobrechas, vesículas preenchidas por ágata e caldedônia, fonte das mineralizações regionais. Ambos derrames teriam ocorrido durante o período Cretáceo. Um modelo de Leinz e Amaral (1975) é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Modelo estratigráfico do Grupo São Bento na área de estudo.



Fonte: Leinz e Amaral (1975).

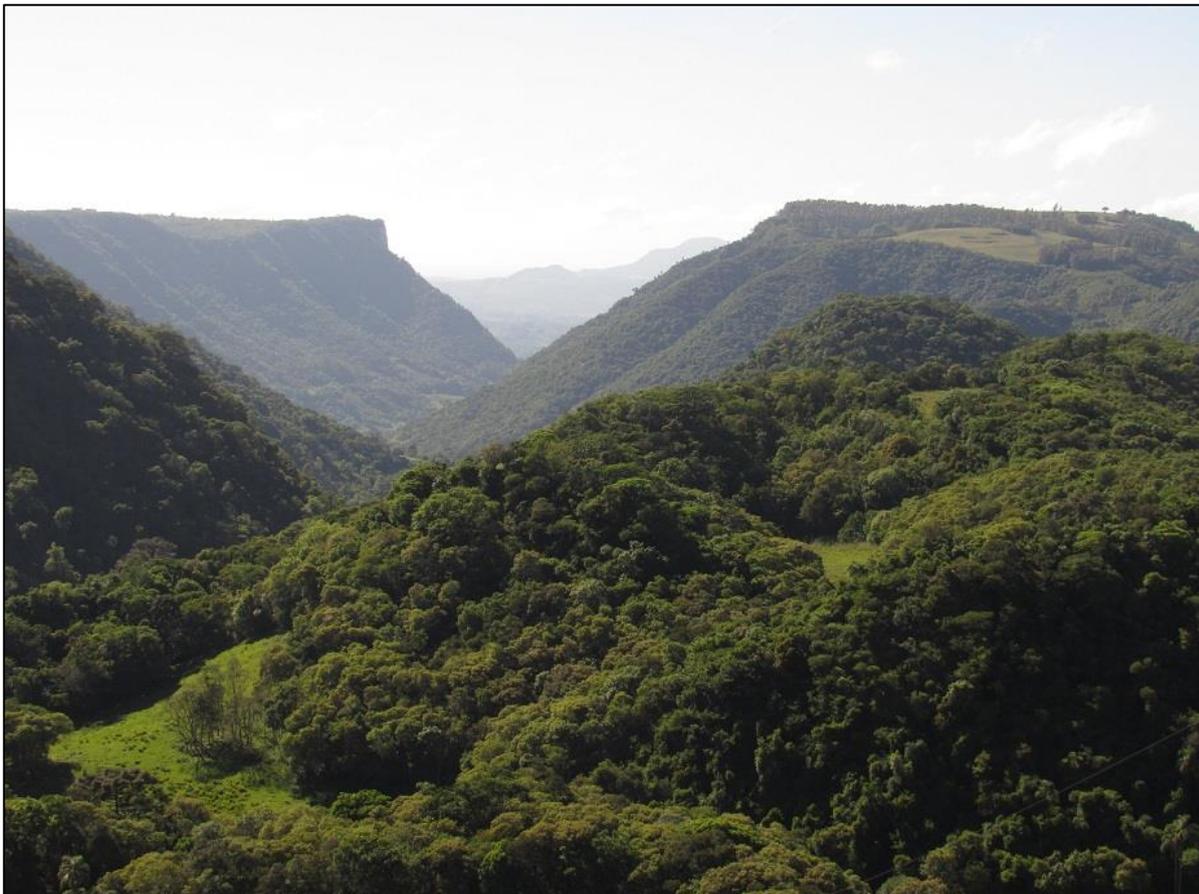
Acima da Formação Serra Geral, encontra-se a Formação Tupanciretã, formada por arenitos de granulação fina, quartzoso, paraconglomerado e arenito conglomerático, de ambiente continental e depositado no período Paleógeno. Por fim, na área de estudo, também

pode ser observado depósitos aluviais constituídos de areia grossa à fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rio e planícies de inundação, depositados durante o Holoceno.

### 3.1.3 Geomorfologia

A respeito da Geomorfologia, segundo Ross (1996), a área de estudo encontra-se na macroforma estrutural denominada de Bacia Sedimentar do Paraná, onde são reconhecidas duas unidades esculturais, Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná e Depressão periférica sul-riograndense. Devido à zona de transição dessas duas unidades esculturais, são observados processos erosivos na borda sul do planalto como o festonamento do rebordo erosivo e o recuo da escarpa vulcânica, favorecendo o surgimento de relevos residuais como morrotes, morros testemunhos e vales dissecados (Figura 17).

Figura 17 - Vale dissecado próximo a área do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.



No recorte da área de estudo são apresentadas formas de relevo esculpidas em litologias da fase de sedimentação paleozóica, da fase efusiva juro-cretácea ou mesozoica da fase efusiva juro-cretácea e sedimentos relacionados às coberturas terciárias.

Conforme Leinz e Amaral (1975) e Justus et al. (1986), as litologias juro-cretáceas, oriundas de eventos de intenso vulcanismo fissural, foram formadas a partir de sucessivos derrames de lava, recobrando grandes extensões. Segundo Reginato (2003) rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral são responsáveis pelo capeamento das rochas básicas e pelas feições do relevo mais preservadas. Ao contrário, litologias oriundas de rochas efusivas básicas apresentam modelos de dissecação em setores do relevo.

De forma geral, as litologias basais podem ser caracterizadas como basaltos e fenobasaltos, relacionados a corpos tabulares e diques de diabásio. Entre os derrames de lava basáltica podem ocorrer intercalações de arenitos de origem eólica (interderrames, originários de processos de silicificação), presença de brechas e ocorrência de rochas vulcânicas ácidas, com elevado teor de sílica, como dacitos félsicos, riolito e o riódacito.

Conforme Leinz e Amaral (1975) os pacotes de derrames sucessivos podem ser facilmente observados na paisagem do Sul do Brasil, divididos em derrames de base, intermediário e de topo. Os derrames de base apresentam constituição vítrea devido ao rápido resfriamento da lava em contato com o substrato frio. Essa faixa vítrea passa gradualmente para um basalto microcristalino, onde predomina o diaclasamento horizontal. Na sequência, os derrames intermediários, apresentam um basalto de granulação grosseira apresentando diaclases colunares ou verticais. Nos derrames de topo podem ser observadas camadas horizontais, apresentando estruturas em lajes. Na parte superior são encontradas zonas ricas em vesículas ou amígdalas. As vesículas são espaços vazios dentro da rocha formada a partir de bolhas de gases desprendidos. As amígdalas são vesículas com espaços totalmente preenchidos por outros minerais como a ágata, carbonatos, zeolita.

De acordo com Ross (1996) o planalto é caracterizado como do tipo monoclinal, onde as cotas altimétricas decaem em orientação para o oeste, em direção do Rio Uruguai. A superfície apresenta feições geomorfológicas distintas, com áreas intensamente dissecadas a partir de sulcos estruturais de diversas orientações, onde a rede de drenagem estabeleceu-se, promovendo uma dissecação diferencial pela ação da erosão fluvial, encaixada por superfícies aplainadas e desnudadas. Nesse setor registra-se áreas com relevos de dissecação homogênea, constituído por colinas seccionadas por vales fluviais aprofundados, que conforme Reginato (2003) são resultantes de zonas fraturadas.

As manchas de dissecação apresentam variado grau de intensidade, refletindo diretamente em diversos padrões de modelagem. O entalhamento incisivo em rochas vulcânicas ácidas e básicas atuou de forma tão intensa, ao ponto de expor as rochas de extratos mais basais de origem sedimentar. Resalta-se que o processo de entalhamento está relacionado no alargamento de vales, através de processos erosivos de encostas.

Os processos erosivos, intensos e sucessivos, conforme Justus et al. (1986), atuaram sobre o pacote de rochas efusivas, provocando o recuo da linha de escarpa, escavando-a e expondo as litologias sedimentares, resultando na formação de uma área deprimida, situada em uma posição interplanáltica. A zona de contato entre a depressão interplanáltica (de rochas sedimentares) e a superfície planáltica (de rochas vulcânicas) ocasionou em um acentuado escarpamento, que deixa de ser evidente na paisagem conforme desloca-se para oeste do Rio Grande do Sul (REGINATO, 2003).

Próximo à escarpa, na base da sequência vulcânica, é possível encontrar relevos com feições residuais, resultantes da intensa ação de processos de denudação e dissecação, como os morros testemunhos, junto aos modelados de dissecação homogênea. Enfatiza-se que essas feições geomorfológicas foram esculpidas por processos de pediplanação, em consequência a sucessivos ataques erosivos. Os morros testemunhos podem conter entre sua base e o topo afloramentos rochosos, depósitos de tálus e escarpamentos.

A diferença de composição e estrutura desses derrames ocasionaram processos erosivos seletivos na topografia, onde promoveu patamares. A morfologia de uma escarpa está associada à estrutura dos derrames. As escarpas íngremes coincidem com os derrames intermediários, onde apresentam zonas de diaclases verticais. Os declives acentuados encontram-se posicionados na zona de diaclases horizontais.

Destaca-se que faixas de diaclasamento horizontal, amigdalóide e vesicular permitem uma decomposição mais intensa do que as outras camadas, como por exemplo a de diaclasamento vertical; devido a maior retenção de água de percolação em sua rede de diaclases e desta forma originando fontes de escoamento de água, onde é predominante o estabelecimento de vegetação arbustiva e arbórea, devido o maior desenvolvimento de solo. A zona de diaclasamento vertical mostra-se mais escarpada, pelo fato das posições das juntas. A disjunção dos blocos segue os planos verticais em razão da rápida decomposição da base, que gradativamente entra em processo de solapamento.

No que trata dos eixos de drenagem, é notória a presença de escarpamentos abruptos, devido o profundo entalhamento dos vales, resultante de processo de erosão fluvial do relevo. Esse entalhamento seccionou as diversas litologias, formando vertentes abruptas, com

sucessivos patamares estruturais. Os rios presentes nesses vales apresentam meandros encaixados e encachoeirados em rochas de origem vulcânica, de acordo com o sistema de diaclasamento ortogonal da área. Ressaltos e quedas d'água apresentam-se como resultantes da variação da textura e o diaclasamento dos derrames. Também apresentam lajedos e leitos rochosos, algumas vezes em forma isolada como ilhas.

### **3.1.4 Hidrografia**

A hidrografia da área de estudo, de acordo com Justus et al. (1986), encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica do Uruguai e na Bacia Hidrográfica do Guaíba. De acordo com Cargnin (2008), respectivamente, as bacias hidrográficas compreendem cerca de 57% e cerca de 30% das redes de drenagem do Rio Grande do Sul.

Ambas as bacias apresentam redes de drenagem constituídas por cursos d'água caracterizados através expressivos rios, arroios não identificados e córregos, onde os eixos de drenagem desaguam em duas direções distintas. Os rios da margem esquerda do Rio Ibicuí-Mirim como o Rio Pardo, Rio dos Caixões, Rio Jaquirana, Rio Jacuí, Rio Jacuizinho, Rio Ivaí, Rio Soturno, Rio Melo drenam em direção ao Oceano Atlântico, enquanto os rios da margem direita do Rio Ibicuí-Mirim, afluentes do Rio Ibicuí, como o Rio Guassupi, Rio Toropi, Rio Toropi-Mirim, Rio Jaguari e Rio Jaguarizinho, drenam em direção ao Rio Uruguai.

### **3.1.5 Solos**

De acordo com Dalmolin e Pedron (2009), na área de estudo, os solos são caracterizados de acordo com a geomorfologia. No planalto e nos topos dos morros predominam associações entre Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Cambiossolos Háplicos, Chernossolos Argilúvicos e Argissolos Vermelhos. Predominantes no planalto, os Argissolos Vermelhos não são hidromórficos, apresentando argila de baixa atividade e horizonte B textural.

Na área de rebordo, estão presentes os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolítico, oriundos dos processos de intemperismo do arenito (Formação Caturrita, Botucatu) e das rochas vulcânicas (Formação Serra Geral). Ambos tipos de solo apresentam minerais não hidromórficos, suscetíveis a erosão hídrica e apresentam rochoso e pedregoso, fator restritivo para a sua utilização em fins agrícolas. Também podem apresentar depósitos colúvies. Na parte inferior do rebordo predominam os Argissolos que são solos ácidos, com baixo teor de fósforo e matéria orgânica, apresentando baixa fertilidade natural.

Por fim, na área da Depressão Periférica Sul-rio-grandense, em sua parte superior, em relevos sedimentares ocorrem constituições de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos. Na parte inferior das coxilhas ocorrem Argissolos amarelos, Argissolos Acinzentados, e Argissolos Bruno-Acinzentados. Conforme os referidos autores, nas áreas de várzeas são predominantes os Planossolos Háplicos, podendo também estar associados com horizontes de Gleissolos Háplicos e Neossolos Húmicos.

### 3.1.6 Vegetação

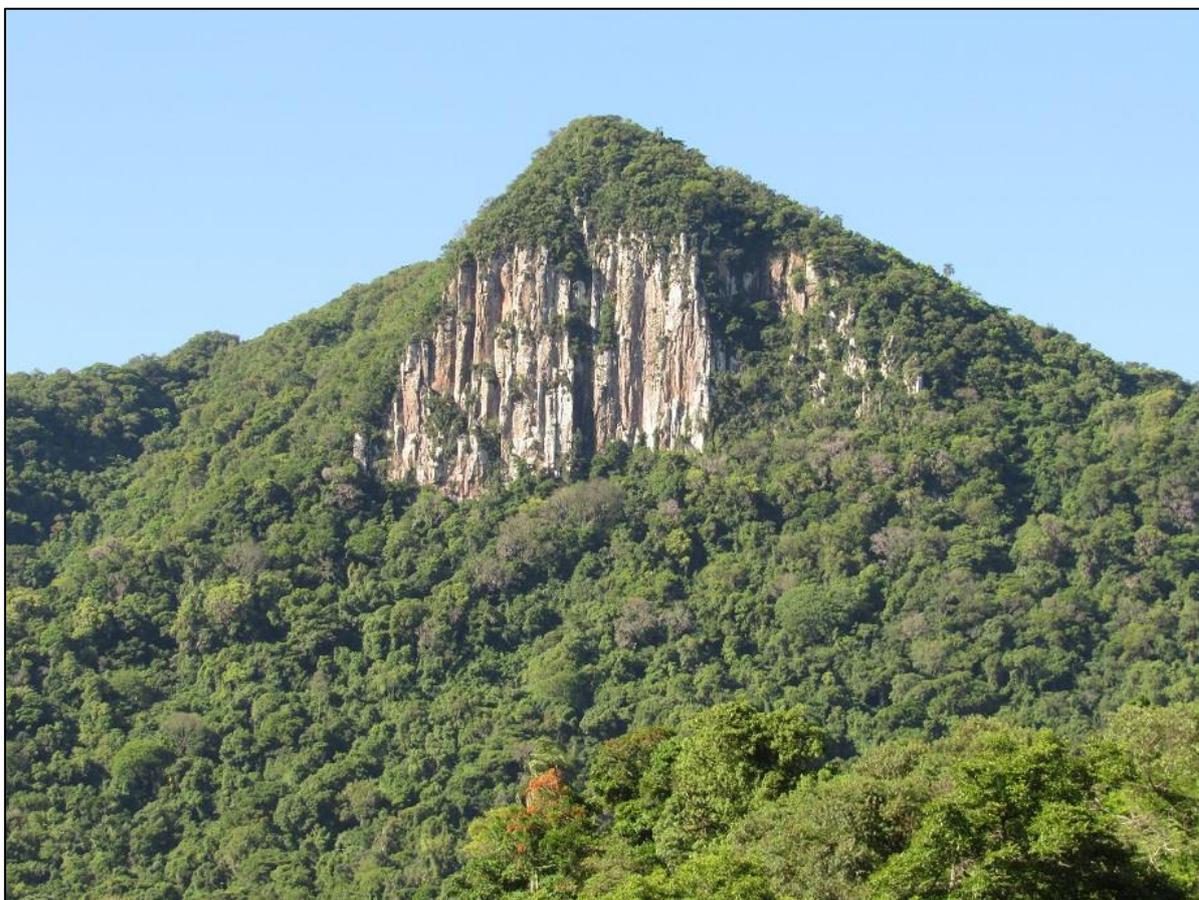
No que diz respeito da vegetação, a área de estudo compreende relevantes áreas sob o ponto de vista fitogeográfico, principalmente por apresentar-se na zona de transição de duas regiões fitoecológicas, que segundo o Veloso et. al. (1991), identificam-se como Floresta Estacional Decidual (Bioma Mata Atlântica) e Estepe (Bioma Pampa).

A Floresta Estacional Decidual apresenta estrato arbóreo predominantemente de caráter caducifólio, onde mais de 50% dos indivíduos perdem suas folhas durante o período desfavorável, devido a influências de duas estações climáticas bem definidas. É encontrada na borda da Serra Geral, depressões, vales e no planalto. Apesar da ação antrópica desde os processos de colonização, ainda encontram-se núcleos originais em áreas de difícil acesso. A Estepe apresenta-se em sua abundância na forma de espécies herbáceas (gramíneas), arbustivas e também espécies arbóreas (compostas e leguminosas). Ambos biomas apresentam *hotspots* de biodiversidade e elevado grau de endemismo, sendo mais expressivo no Bioma Mata Atlântica, por ter uma área geográfica mais ampla do que o Bioma Pampa.

Devido à zona de transição geomorfológica, apresentam-se particularidades fitogeográficas, formando um verdadeiro mosaico com formações campestres e formações florestais nesta zona de contato. As florestas encontram-se associadas à área do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul, ao entorno de morros e morrotes testemunhos e às margens de canais de drenagem, correspondendo a Floresta Estacional Decidual. Os campos e capões encontram-se em regiões mais planas na Depressão periférica sul-rio-grandense, distribuídos através de extensas planícies aluviais e em relevos suavemente ondulados.

Destaca-se que áreas mais planas sofreram consideráveis alterações na cobertura vegetal, onde encostas íngremes e abruptas ainda apresentam remanescentes da cobertura vegetal original. A Figura 18 apresenta o aspecto de uma escarpa isolada, com vegetação original.

Figura 18 - Morro com escarpamento isolado, apresentando em seu entorno remanescente de floresta decídua.



Fonte: Autor.

### **3.1.7 Unidades de Conservação**

Na área de estudo, de acordo com as informações disponíveis da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (2018), encontram-se 4 unidades de conservação como observadas a seguir:

a) Reserva Biológica do Ibicuí-Mirím: localizada nos municípios de Itaara e São Martinho da Serra, estabelecido pelo decreto nº30.930 de 12 de novembro de 1982, com área de cerca de 575 ha. Visa preservar a flora, a fauna, os mananciais da encosta do Planalto e principalmente os remanescentes florestais do Bioma Mata Atlântica.;

b) Parque Natural Municipal dos Morros, localizado no município de Santa Maria e estabelecido pelo decreto executivo nº 74 de 6 de setembro de 2016, com área de cerca de 151,58 ha. Enquadra-se como Unidade de Conservação de Uso Indireto, onde busca preservar os remanescentes florestais do Bioma Mata Atlântica presentes na área urbana de Santa Maria;

c) Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual Mo'ã, localizada no município de Itaara e estabelecida pela portaria SEMA N° 80 de 15 de junho de 2015, com área de 21,0156 ha. Enquadra-se como Unidade de Conservação de Uso Sustentável visando proteger recursos ambientais e a conservação da biodiversidade biológica do Bioma Mata Atlântica;

d) Parque Estadual Quarta Colônia, localizado no município de Agudo e Ibarama, estabelecido pelo decreto estadual n° 44.186, de 19 de dezembro de 2005 com área de 1.847,90 hectares. Enquadra-se na modalidade de Proteção Integral e esta unidade de conservação é resultante de medida compensatória oriunda do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca, situada no rio Jacuí, abrigo remanescentes do Bioma Mata Atlântica.

e) Parque Natural Municipal de Sobradinho, localizado no município de Sobradinho, e estabelecido pelo decreto executivo n° 3006, em 24 de novembro de 2003, com área de 16 ha. Posteriormente, de acordo com o decreto executivo n° 3067 em 05 de novembro de 2004, a área foi ampliada para 22 ha. Enquadra-se como Unidade de Conservação de Uso Indireto, com o foco na preservação dos recursos naturais em especial do ecossistema do Bioma Mata Atlântica.

### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi elaborada com base na proposta metodológica de Ab'Saber (1969) e Tricart (1977), utilizando-se da proposição da análise sistêmica da paisagem. Também adotou-se como medida norteadora da pesquisa o método hipotético-dedutivo, acreditando-se que o método que permite uma maior aproximação da realidade com a pesquisa desenvolvida.

A escolha da área de estudo priorizou setores que apresentassem afloramentos rochosos, escarpamentos, morrotes, morros testemunhos e vales fluviais dissecados, sendo que tais feições geomorfológicas foram localizadas no Planalto e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, no seu rebordo e também na Depressão periférica sul-rio-grandense. Outro fator considerado foi a zona de contato das formações campestres (Bioma Pampa) com formações florestais (Bioma Mata Atlântica).

A delimitação da área de estudo baseou-se na distribuição geográfica da espécie em estudo, de acordo com a literatura específica das obras de Ritter (1966,1970a, 1979) e Herm (1990, 1993). Posteriormente, em razão da descoberta de novas populações em direção oeste, durante o trabalho de campo, a área de estudo foi ampliada para esta direção, como apresenta-se a configuração atual em forma de polígono.

Após essa etapa, buscou-se o embasamento científico e teórico por meio de um extenso levantamento bibliográfico, de obras nacionais e internacionais sobre a temática da pesquisa. Desta forma, realizou-se a investigação dos objetivos, definindo os subsídios para a orientação teórico-metodológica, organização dos procedimentos e desdobramento do tema. Adotou-se uma abordagem interdisciplinar cuja revisão bibliográfica realizou-se fundamentada em leituras do âmbito das ciências naturais, especificamente da Biogeografia, Botânica, Climatologia, Fitogeografia e Geomorfologia, permitindo definir o marco conceitual desta tese.

Os procedimentos metodológicos foram organizados conforme a proposta de Libault (1971), organizados em quatro níveis de pesquisa: a) nível compilatório (delimitação da área de estudo, planejamento, coleta de dados a campo, investigação, levantamento, caracterização), b) nível correlatório (correlação e organização dos dados), c) nível semântico (transformação da linguagem de correlação para a linguagem geográfica) e d) nível normativo (elaboração dos resultados e conclusão).

As coordenadas geográficas dos pontos amostrados e os trajetos realizados durante os trabalhos de campo foram obtidas por meio de um receptor portátil GPS Garmin etrex 10, utilizando o datum WGS-84, para manter compatibilidade com o programa Google Earth Pro. Posteriormente, os dados foram inseridos no programa GPS TrackMaker Free 13.9.596 e foram exportados para visualização no Google Earth Pro.

As figuras e os mapas foram elaborados no programa QGIS 3.4.2, utilizando como sistema de referência (*datum*) o SIRGAS 2000. Para a confecção do mapa de condições climáticas atuais e paleoclimáticas da América do Sul e do mapa de distribuição do gênero *Parodia* Speg. (Cactaceae) na América do Sul utilizou-se o *shapefile* da América do Sul do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), o modelo hipsométrico do *World Digital Elevation* da *European Environment Agency*, sendo finalizado no compositor de impressão do QGIS 3.4.2.

Para o mapa de localização da área de estudo, utilizou-se o *shapefile* da malha municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017), uma imagem do Google Earth Pro do complemento QuickMapService (Moisaco de imagens datando entre 2015-2018). No mapa das estradas percorridas, mapa dos pontos amostrados e mapa de distribuição geográfica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor foram utilizadas uma imagem do Google Earth Pro do complemento QuickMapService (Moisaco de imagens datando entre 2015-2018), sendo inseridos os arquivos coletados por receptor GNSS durante trabalhos de campo.

No mapa seguinte, mapa geológico, utilizou-se o mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, sendo

georreferenciadas e vetorizadas as litologias presentes na área de estudo. O mapa hipsométrico obteve-se através do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando-se as seguintes imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): s30\_w053-1arc\_v3 (leste da área de estudo), s30\_w054\_1arc\_v3 (centro da área de estudo), s30\_w055\_1arc\_v3 (oeste da área de estudo), com resolução espacial de 30 metros. As três imagens utilizadas foram mosaicadas, cortadas por camada máscara da área de estudo. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi reclassificado pelo algoritmo “*r.recode*”, para desta forma o mapa estabelecer intervalos de classes.

Para o mapa clinográfico, utilizou-se o mesmo Modelo Digital de Elevação (MDE) e as mesmas imagens SRTM. Foi utilizado o comando “*r.slope*”, disponibilizado pela ferramenta do GRASS GIS, presente no *software* QGIS. O agrupamento de classes, realizou-se através do algoritmo “*r.recode*”, utilizando como critério a metodologia proposta por De Biasi:

- < 5% - Limite urbano industrial, utilizados internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo.
- 5-12% - Este limite possui algumas variações quanto ao máximo a ser estabelecido (12%), pois alguns autores adotam as cifras de 10% e/ou 13%. A diferença é muito pequena, pois esta faixa define o limite máximo do emprego da mecanização da agricultura.
- 12-30% - O limite de 30% é definido por legislação Federal – Lei 6766/79 – que define o limite máximo para urbanização sem restrições.
- 30-47% - O Código Florestal, fixa o limite de 25° (47%), como limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de florestas.
- >47% - O artigo 10 do Código Florestal prevê que na faixa situada entre 25° (47%) a 45° (100%), “não é permitida a derrubada de florestas, [...] só sendo tolerada a extração de toros, quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes”. (DE BIASI, 1992, p. 47)

No mapa de orientação de vertentes, utilizou-se o algoritmo “*r.aspect*”, gerando um raster de orientação a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). Também utilizou-se o algoritmo “*r.recode*” para fazer a reclassificação com base na orientação de oito faces (pontos cardeais e colaterais). Para a elaboração do mapa do uso da terra utilizou-se três imagens de satélites Sentinel 2-B, obtidas da plataforma Earth Explorer, do Serviço dos Estados Unidos: porção oeste “T21JYH”, datada do dia 01/04/2019, porção central “T22JBN”, datada do dia 27/03/2019 e porção leste “T22JCN”, datada do dia 27/03/2019. Em cada uma das imagens foram utilizadas as bandas 4,3 e 2 para criar uma composição RGB 432 (cor verdadeira), com resolução espacial de 10 metros. A imagem mais ocidental na área de estudo, correspondente ao Fuso 21, por estar em uma órbita diferente, não foi possível de ser obtida no mesmo dia 27/03/2019, tendo uma diferença temporal de seis dias.

Posteriormente realizou-se uma classificação supervisionada, coletando as amostras de cada uso, gerando um *raster* classificado por meio do complemento “*dzetsaka*” do QGIS, onde o *raster* foi transformado para vetor. Foram atribuídas as seguintes classes de cobertura e uso da terra de acordo com IBGE (2013): área descoberta (solo exposto), urbanizada, campestre, florestal, corpo d’água continental, lavoura temporária e pastagens.

Na elaboração do mapa fluvial da área de estudo, utilizou-se a base vetorial contínua do Rio Grande do Sul, conforme Hasenack e Weber (2010) as *ottobacias* do nível 4 da Agência Nacional de Águas (ANA) como limite das bacias hidrográficas. Para a confecção do mapa de vegetação georreferenciou-se uma imagem do mapa de unidades de vegetação do Rio Grande do Sul de acordo com a classificação do Radam Brasil, disponibilizada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Posteriormente, foi realizada uma vetorização, sendo criados polígonos com adaptações das áreas das regiões fitoecológicas para a área de estudo. Todos os mapas foram elaborados na escala de 1:380.000.

Os perfis topográficos foram confeccionados através do programa *Google Earth Pro*, para melhor apresentação altimétrica da área de estudo. Foram calculadas as escalas horizontais e verticais, distância total, exagero e orientação do perfil.

A respeito da observação e reconhecimento da vegetação, o levantamento do táxon em estudo, conduziu-se através da adoção do método de Caminhamento proposto por Filgueiras et al. (1994). O método resume-se na identificação de uma fitofisionomia traçando uma linha imaginária ao longo da área, no sentido da maior extensão e então percorrendo-a lentamente, tomando nota de observações das espécies encontradas ao longo do trajeto. De acordo com esta metodologia deve-se caminhar em linha reta, tanto quanto possível. O método consiste em três etapas: a) reconhecimento dos tipos de vegetação na área a ser amostrada, b) organização dos dados levantados em forma de lista ou tabela dos táxons encontradas e c) análise dos resultados. Revela-se como método simples, de fácil aplicação, condizendo com os requisitos mínimos de precisão científica e confiabilidade.

Também, utilizou-se o Método de Pontes, elaborado especificamente para este estudo, que trata da observação qualitativa com atribuição de uma escala visual subjetiva de predominância, com êxito, de escarpamentos rochosos. O método consiste em varreduras através de um binóculo ou luneta, podendo ser a curta, média ou a longa distância, em sequência. Divide-se em sete etapas: a) busca por um ponto fixo e estável para realização das varreduras, com o mínimo de interferência para a visada em direção ao alvo; b) instalação ou posicionamento do equipamento e ajuste do foco no equipamento (binóculo ou luneta); c) alinhamento e estabilização do foco em direção ao alvo durante a visada de prova; d) a primeira

visada realizada do sentido da direita para a esquerda; e) segunda visada realizada do sentido da esquerda para a direita; f) terceira visada realizada do sentido de cima para baixo e g) quarta visada realizada do sentido de baixo para cima.

Foram realizadas cinco repetições das visadas, em sequência, para uma melhor observação das escarpas. Para este método utilizou-se um Binóculo Tasco, 10 x 50 mm WA Zip Focus, com prisma do tipo Porro. Com base nos dois métodos, foram percorridas diversas estradas na área de estudo (Figura 19), onde 300 pontos amostrais foram levantados na área de estudo (Figura 20), com o intuito de encontrar, identificar e registrar populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor.

Todos os pontos amostrais foram obtidos com o receptor GPS, georreferenciando também os locais onde encontraram-se as populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor. Priorizaram-se pontos que apresentassem afloramentos rochosos verticais e escarpamentos, geralmente associados à área do Rebordo do Planalto, vales fluviais e interfluviais, morros e também morrotes. Afloramentos rochosos horizontais presentes nessas áreas mencionadas também foram amostrados.



Figura 19 - Mapa de estradas percorridas durante amostragem na área de estudo.

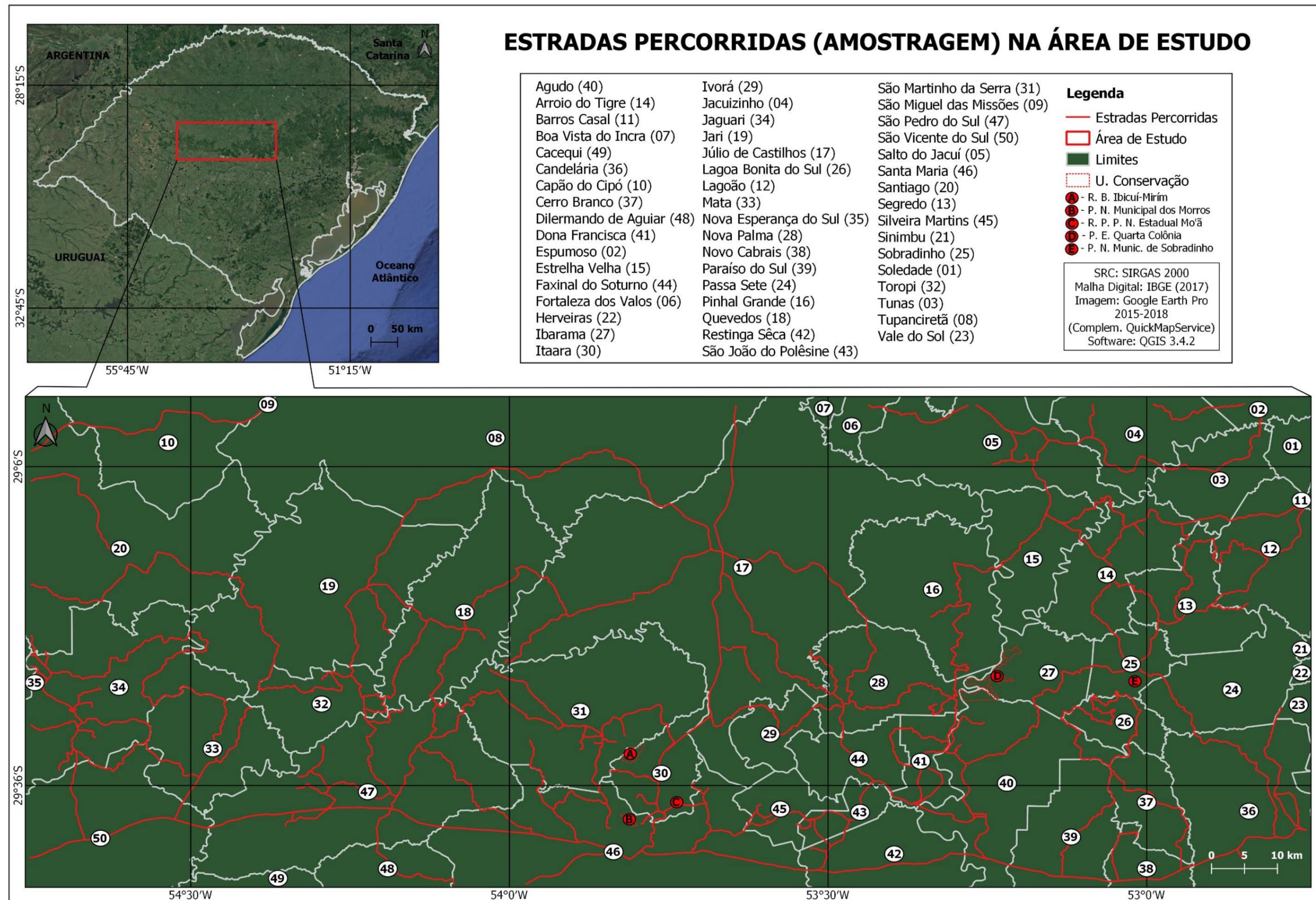
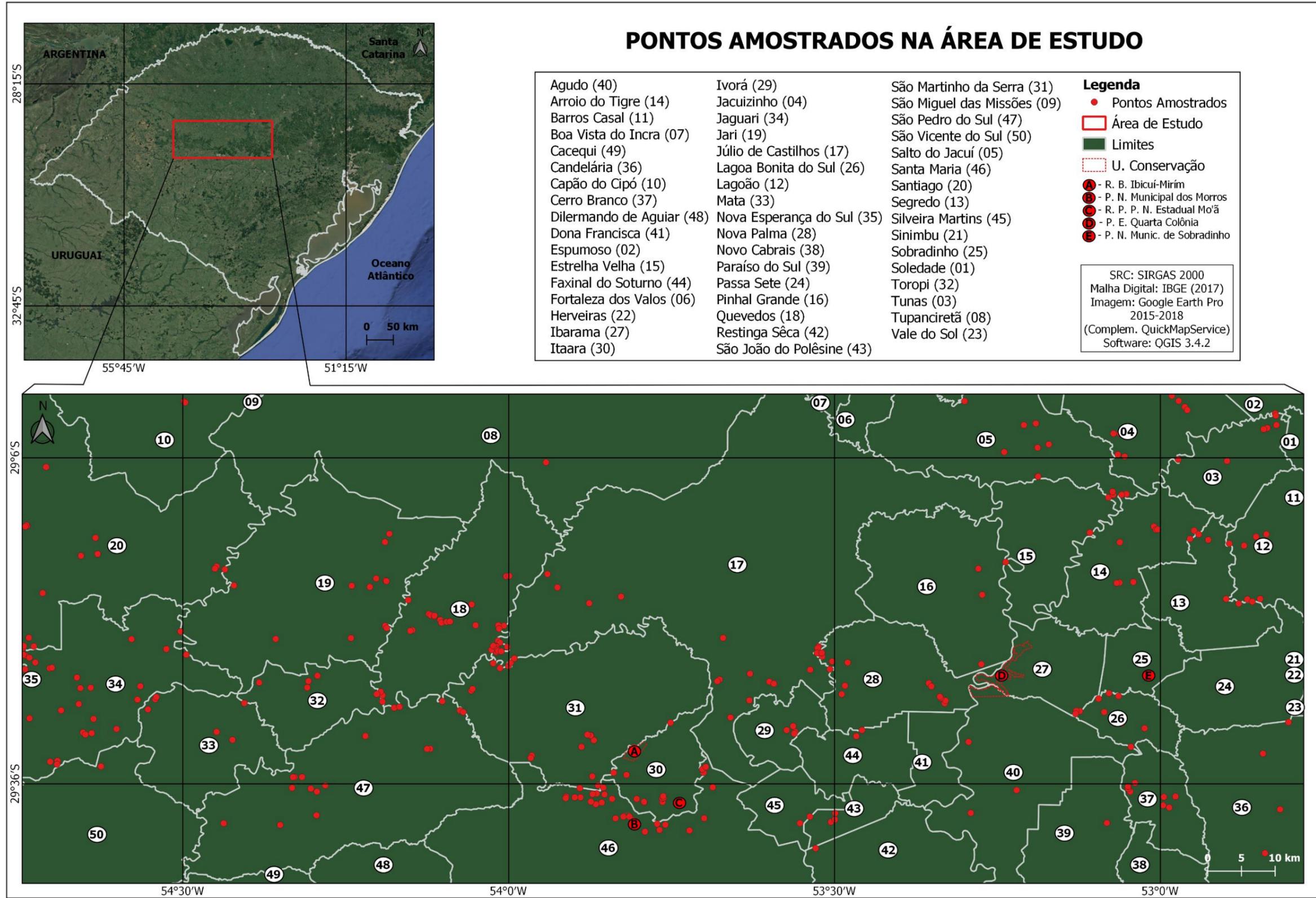


Figura 20 - Mapa de pontos amostrados na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Registros fotográficos foram realizados para melhor documentação do objeto de estudo e seus ambientes, utilizando-se uma câmera digital Canon *Powershot SX 530 HS*, com 16.0 *megapixels* e zoom óptico de 50 x. A identificação das populações realizou-se *in situ*, durante os períodos de floração, para assim, um reconhecimento mais preciso das entidades taxonômicas. Para confirmação taxonômica da espécie estudada, foi realizada a comparação das fotos obtidas em campo com as descrições, figuras e ilustrações a partir dos trabalhos de Ritter (1966, 1970a, 1979), Herm (1990,1993), Anderson (2001) e Hunt et al. (2006). Durante os trabalhos de campo realizaram-se anotações à respeito da ecologia das espécies, geomorfologia, litologia, altitude e ameaças no meio biótico. Também foram coletadas amostras petrográficas de cada um dos ambientes para averiguação e identificação das litologias. As amostras foram analisadas e identificadas com auxílio de um geólogo.

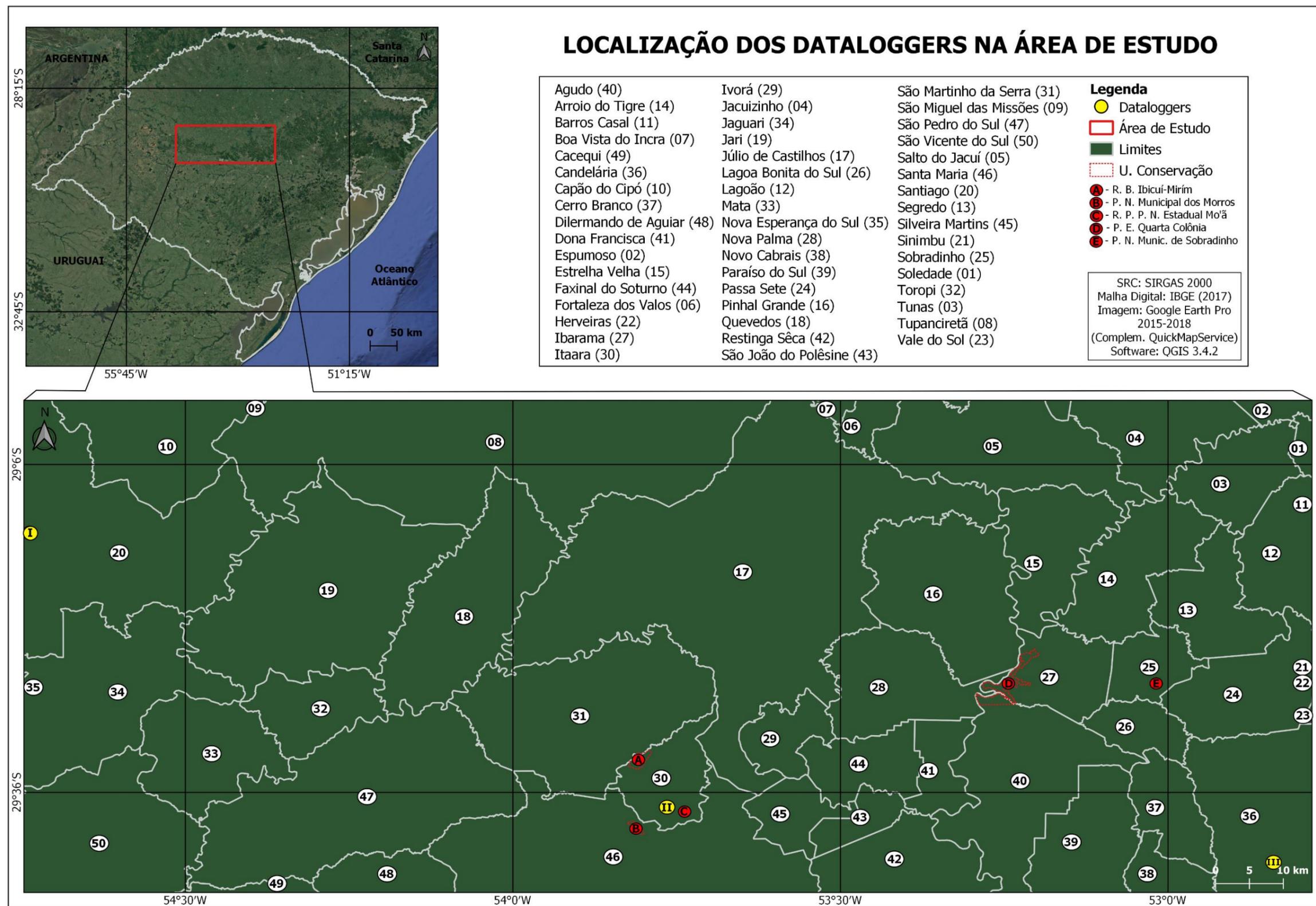
No que trata sobre os níveis de escala de análise climática de abordagem, para esta pesquisa adotou-se o nível microclimático, conforme a proposta de Ribeiro (1993) e Oscar Jr. (2012). Esta categoria revela-se como a mais adequada, em razão de contemplar a análise de ambientes em áreas inferiores a 100 metros de extensão, com clima próximo a superfície considerando peculiaridades ambientais como microrugosidades, cor e textura das superfícies e feições particularizadas presentes como vegetais. A coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar realizou-se conforme a proposta de Hoppe et al. (2015) e Baratto et al. (2020), por meio da instalação de mini-abrigos meteorológicos de baixo custo (ABC), onde dispõem de um *datalogger*, instrumento específico dotado de um sensor para leitura e registro de valores de temperatura e umidade relativa do ar. Utilizou-se o modelo Datalogger HT -500 Instrutherm (Figura 21), com escala de -40 a 70°C (para Temperatura) e 0 a 100% (para Umidade Relativa), precisão 2,5°C (T) e 5% (UR), resolução 1°C (T) e 0,1% (UR).

Figura 21 - *Datalogger* utilizado para coleta de temperatura, modelo Datalogger HT -500 Instrutherm.



Os aparelhos foram programados para coleta e registro de leituras horárias no período de 01 de janeiro de 2019 à 19 de setembro de 2019, instalados em três pontos amostrais (Figura 22), buscando representar dois pontos extremos e um ponto intermediário da área de estudo, em três ambientes distintos com a ocorrência da espécie: a) Ponto I - Santiago, pequeno escarpamento rochoso próximo ao curso d'água perene, com pouca densidade florestal no entorno (mata ciliar rala, decidual) e próximo a uma área campestre; distância do mar: cerca de 498 km; altitude de 217 metros; b) Ponto II - Itaara, grande escarpa rochosa, próxima a uma cascata, inserida num topo de um vale profundo (*canyon*), com densa floresta nativa em seu entorno; no ponto mais deprimido do vale encontra-se um pequeno curso d'água; distância do mar: cerca de 371 km; altitude de 387 metros e c) Ponto III - Candelária, grande escarpamento em um morro testemunho, com ausência de curso d'água intermitente ou perene, com densa floresta nativa em seu entorno; distância do mar: cerca de 277 km; altitude de 554 m.

Figura 22 - Mapa de localização dos *dataloggers* na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



Após as coletas de dados em campo, foram obtidas 16.632 leituras de temperatura e 16.632 leituras da umidade relativa, valor que dividido por 24 (número de horas diárias) totalizam 693 dias, sendo 231 dias observados por cada *datalogger*. Os dados obtidos nos três pontos selecionados da área de estudo (dois extremos e um intermediário) foram organizados por mês, durante as quatro estações: verão (01 de fevereiro a 28 de fevereiro de 2019), outono (01 de março até 31 de maio de 2019), inverno (01 de junho a 31 de agosto de 2019) e primavera (01 de setembro a 19 de setembro de 2019). A distância do mar foi mensurada através do Google Earth Pro, respeitando as ordens de latitude para cada um dos três pontos. Valores de altitude foram obtidos através de um receptor de posicionamento global (GPS).

Primeiramente, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram tabulados em uma planilha do *Software Microsoft Excel 2016*, onde posteriormente foram confeccionados painéis com os valores, para melhor organização e visualização dos dados. Desta forma obtidas médias aritméticas separadamente dos valores horários de temperatura e umidade relativa das 24 horas de cada mês. Na segunda etapa foram confeccionadas duas tabelas para cada ponto amostral, uma para os valores horários das 24 horas de cada mês de temperatura e uma para os valores horários das 24 horas de cada mês da umidade relativa do ar, respectivamente.

Por fim, foram estabelecidas uma classe de cores para os valores, respeitando as convenções para temperatura e umidade relativa do ar, através do comando “formatação condicional” e “escalas de cor”, em busca de uma melhor representação visual e interpretação dos resultados finais. A aquisição dos dados de mínimas e máximas foram obtidos através da interpretação da planilha organizada.

Após a organização das variáveis de cada ponto, realizou-se a terceira etapa, as análises e interpretações dos dados obtidos, no intuito de caracterizar o microclima de cada um dos ambientes, buscando identificar e caracterizar a variabilidade de cada um desses pontos. Para a análise microclimática dos ambientes foram consideráveis variáveis que influenciam a distribuição da temperatura e da umidade relativa como relevo, altitude, latitude, maritimidade, cobertura vegetal e a presença ou não de atividade antrópica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2009).

A seguir, foi realizada uma comparação entre as caracterizações, buscando as discrepâncias e a possível existência de um padrão de variabilidade. Na quarta e última foi estabelecida uma caracterização geral dos três pontos.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO

Durante os trabalhos de campo foram localizadas e identificadas 22 populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo. Para melhor entendimento de sua distribuição, foram elaborados os seguintes mapas temáticos: o mapa de distribuição fitogeográfica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo (Figura 23), mapa hidrográfico da área de estudo (Figura 24), mapa geológico da área de estudo (Figura 25), mapa hipsométrico da área de estudo (Figura 26), mapa clinográfico da área de estudo (Figura 27), mapa de orientação de vertentes da área de estudo (Figura 28), mapa de vegetação na área de estudo (Figura 29), mapa de uso e ocupação da terra na área de estudo (Figura 30).



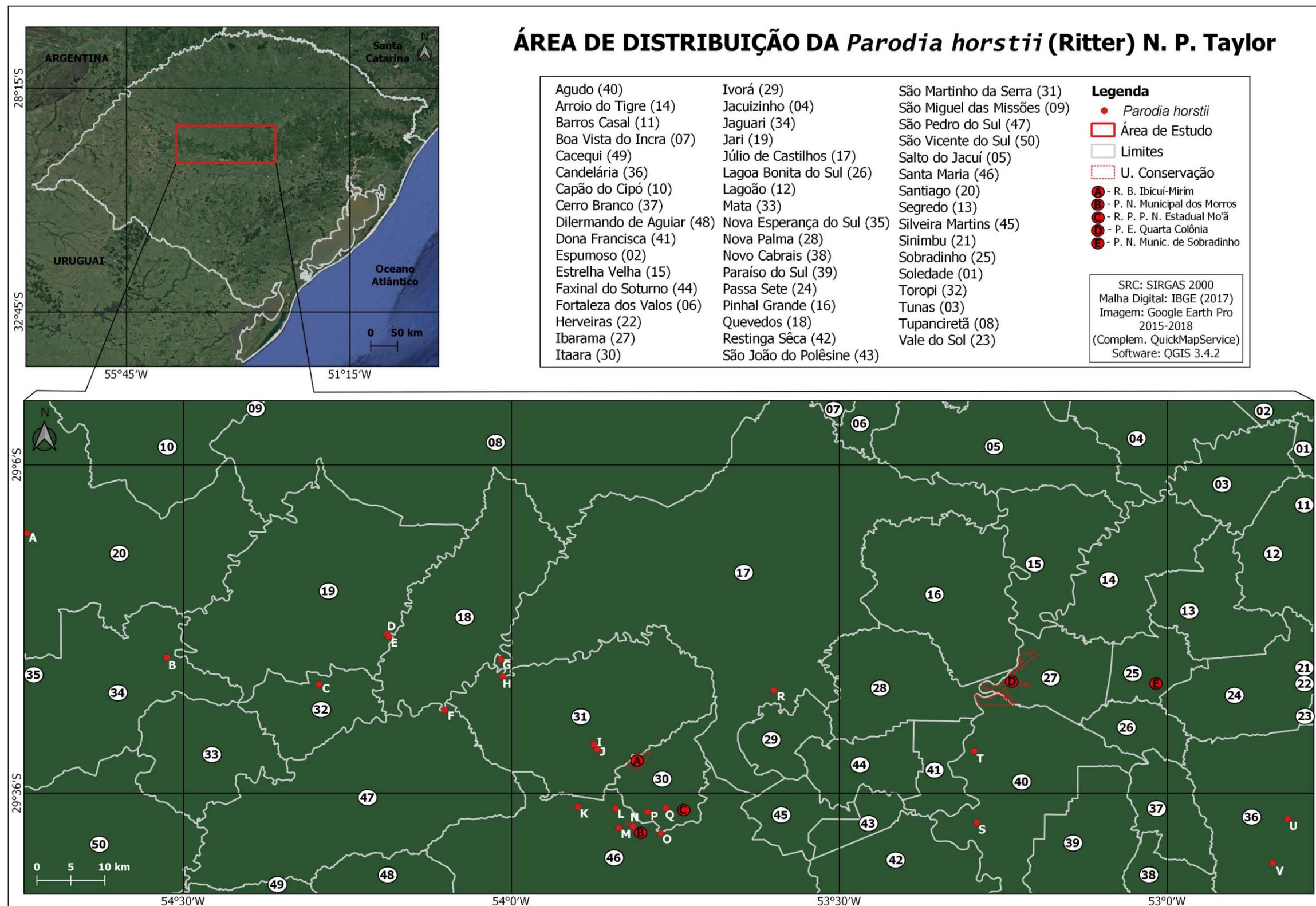
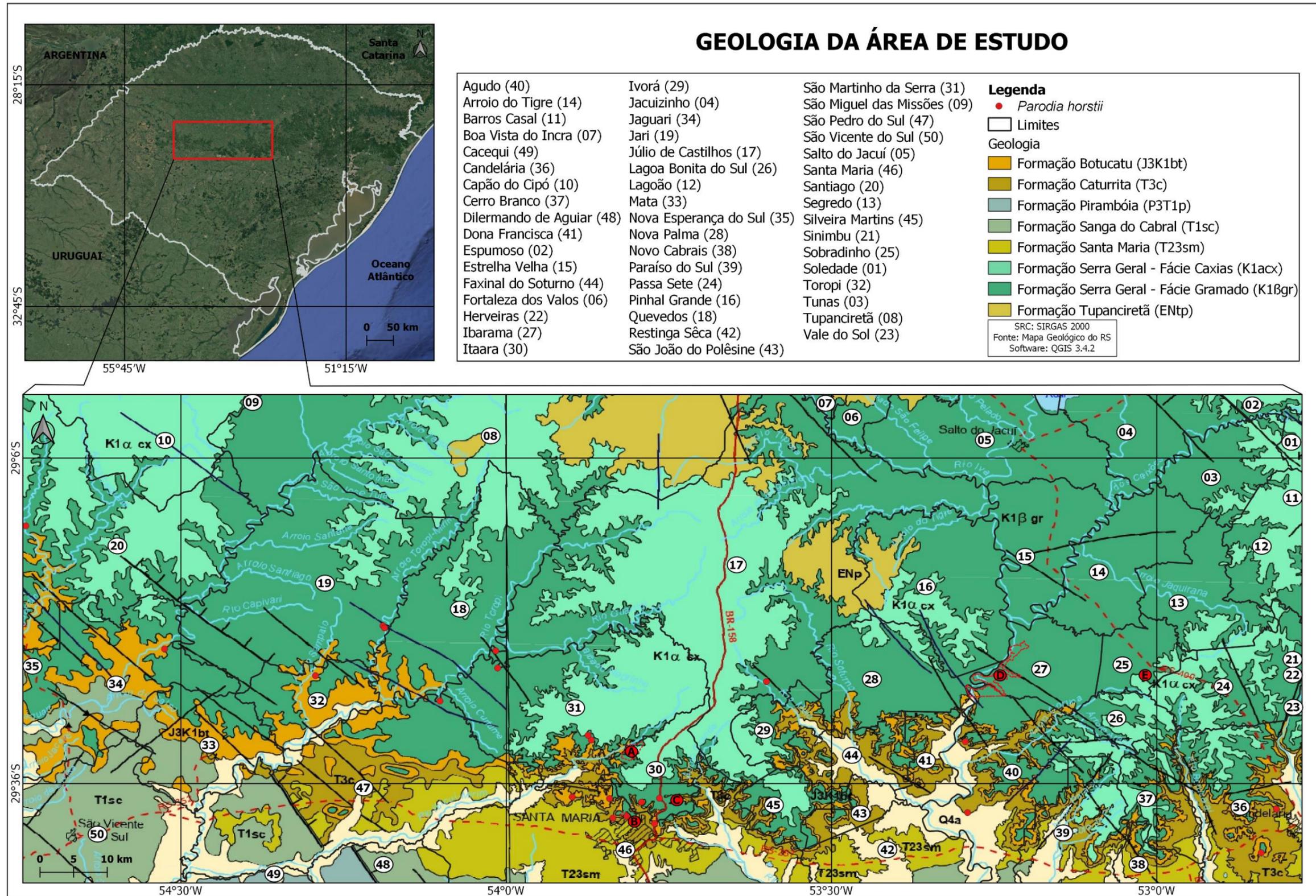
Figura 23 - Mapa de distribuição fitogeográfica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo.

Figura 24 - Mapa hidrográfico da área de estudo.



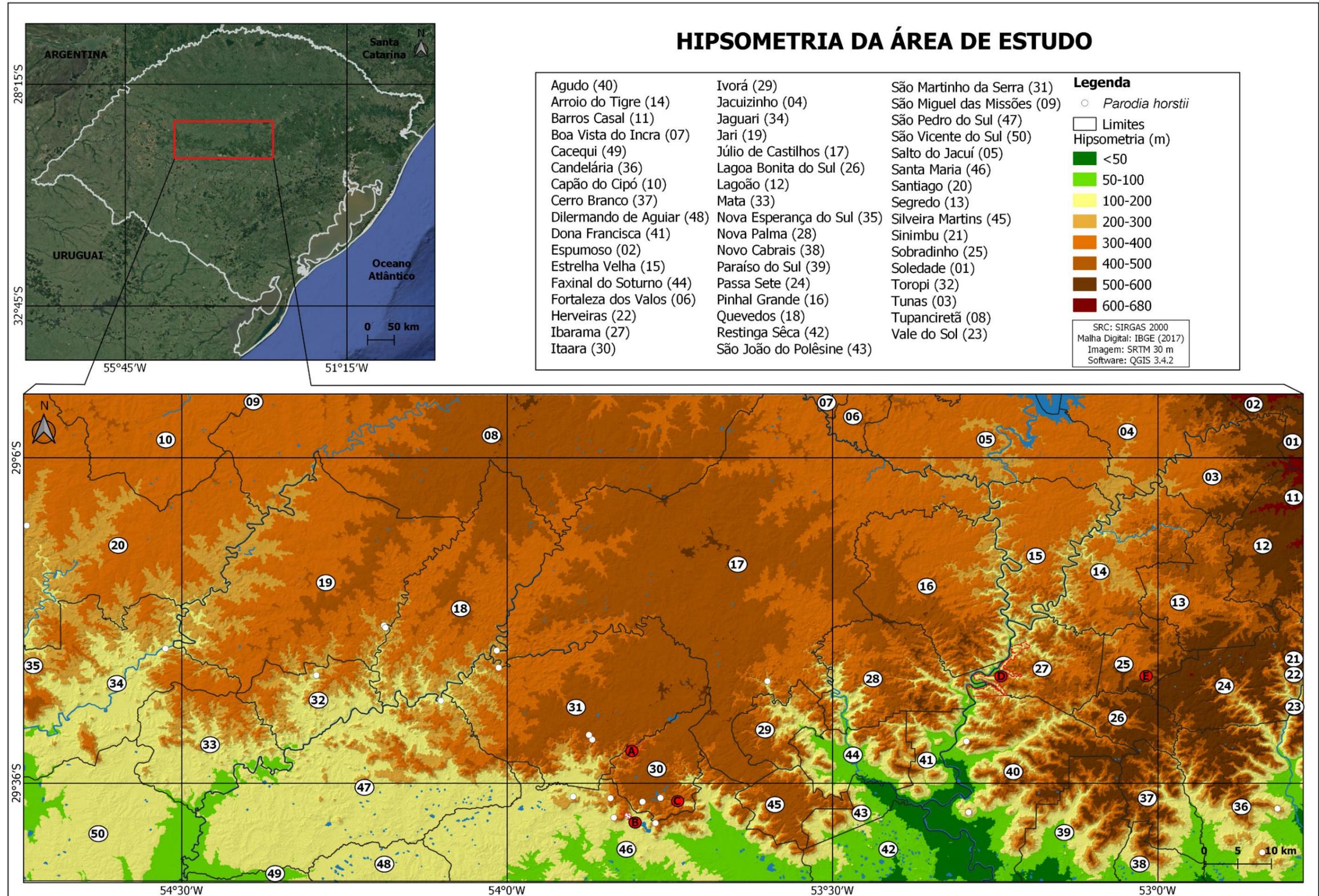
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 25 - Mapa geológico da área de estudo.



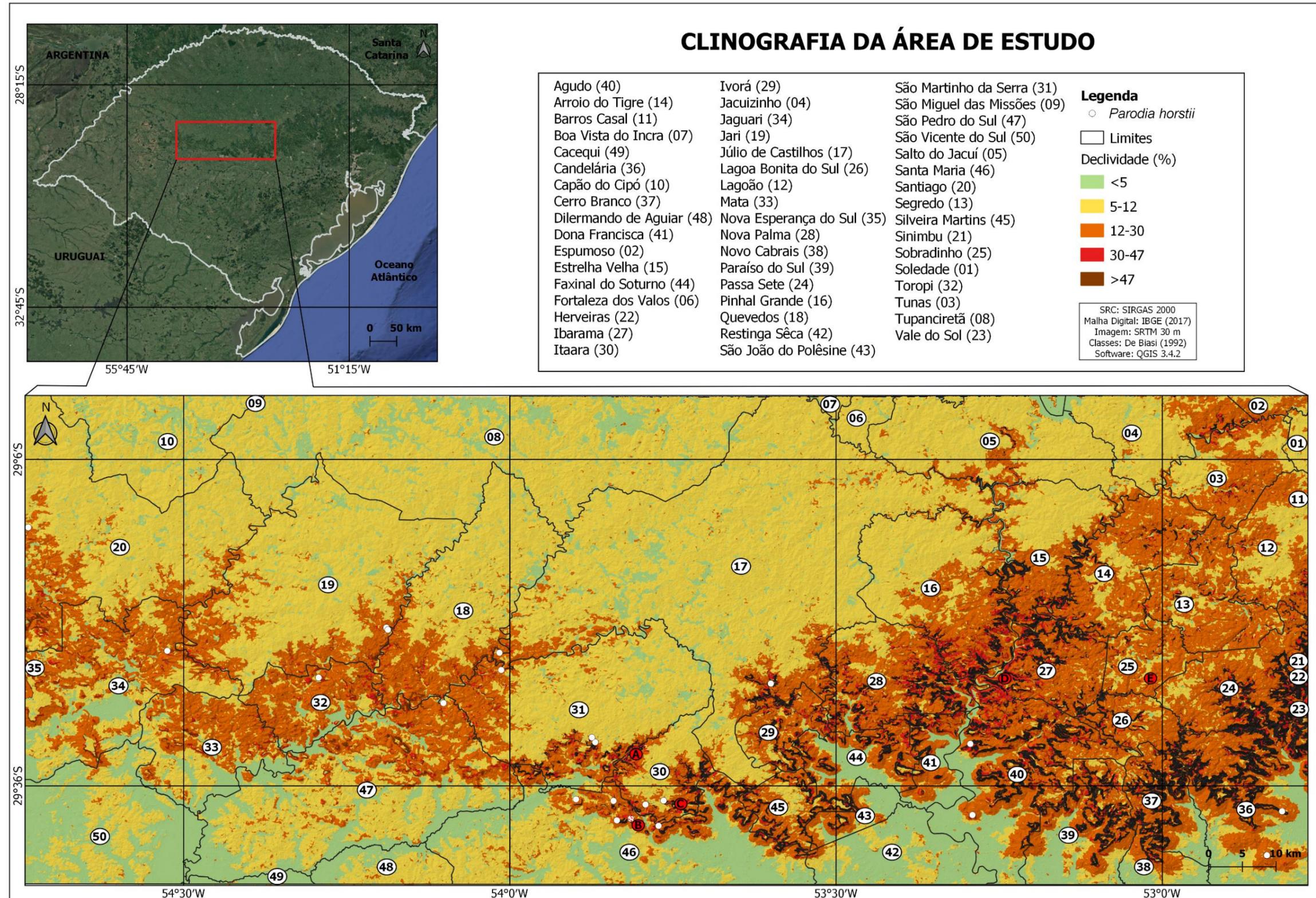
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 26 - Mapa hipsométrico da área de estudo.



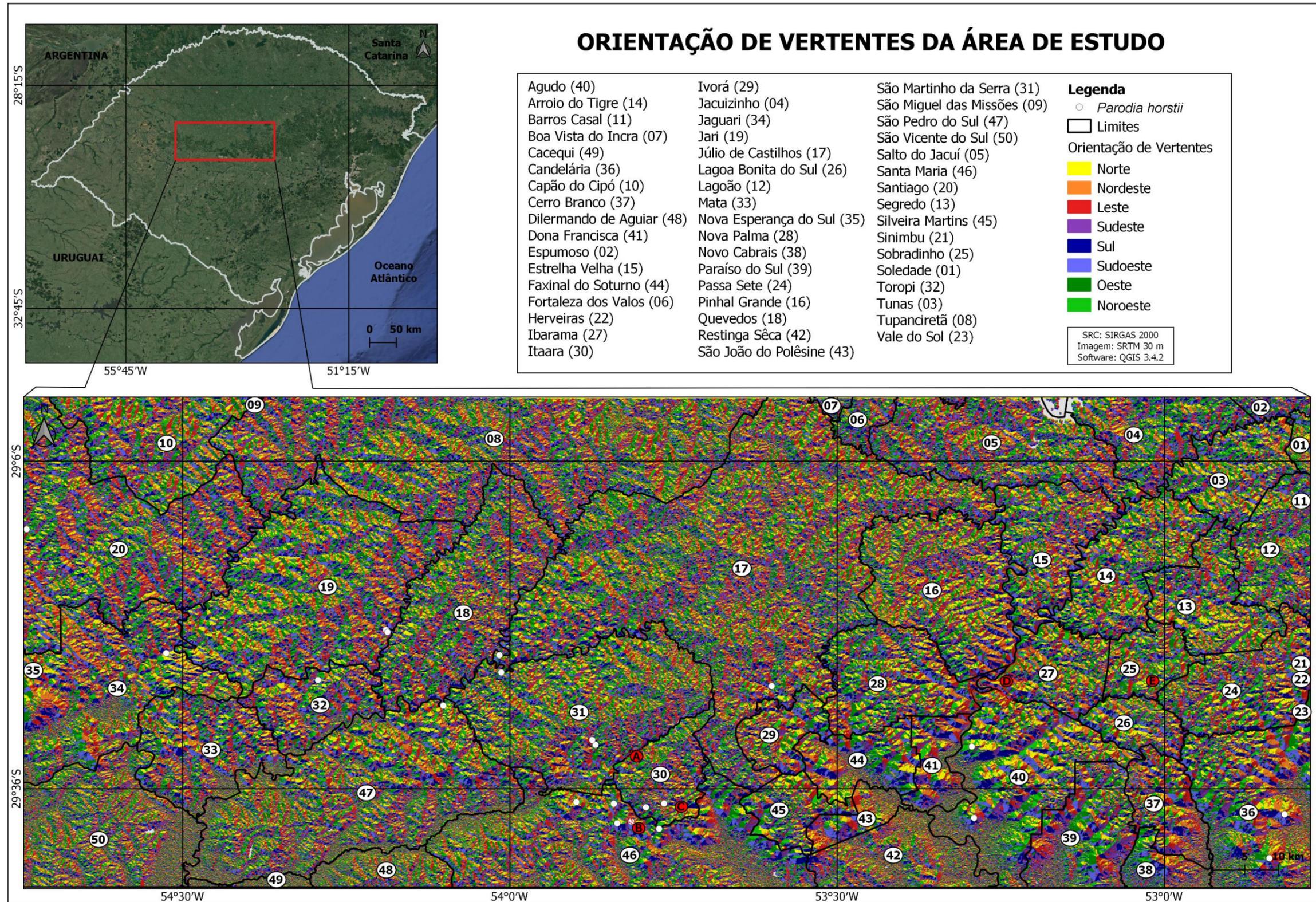
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 27 - Mapa clinográfico da área de estudo.



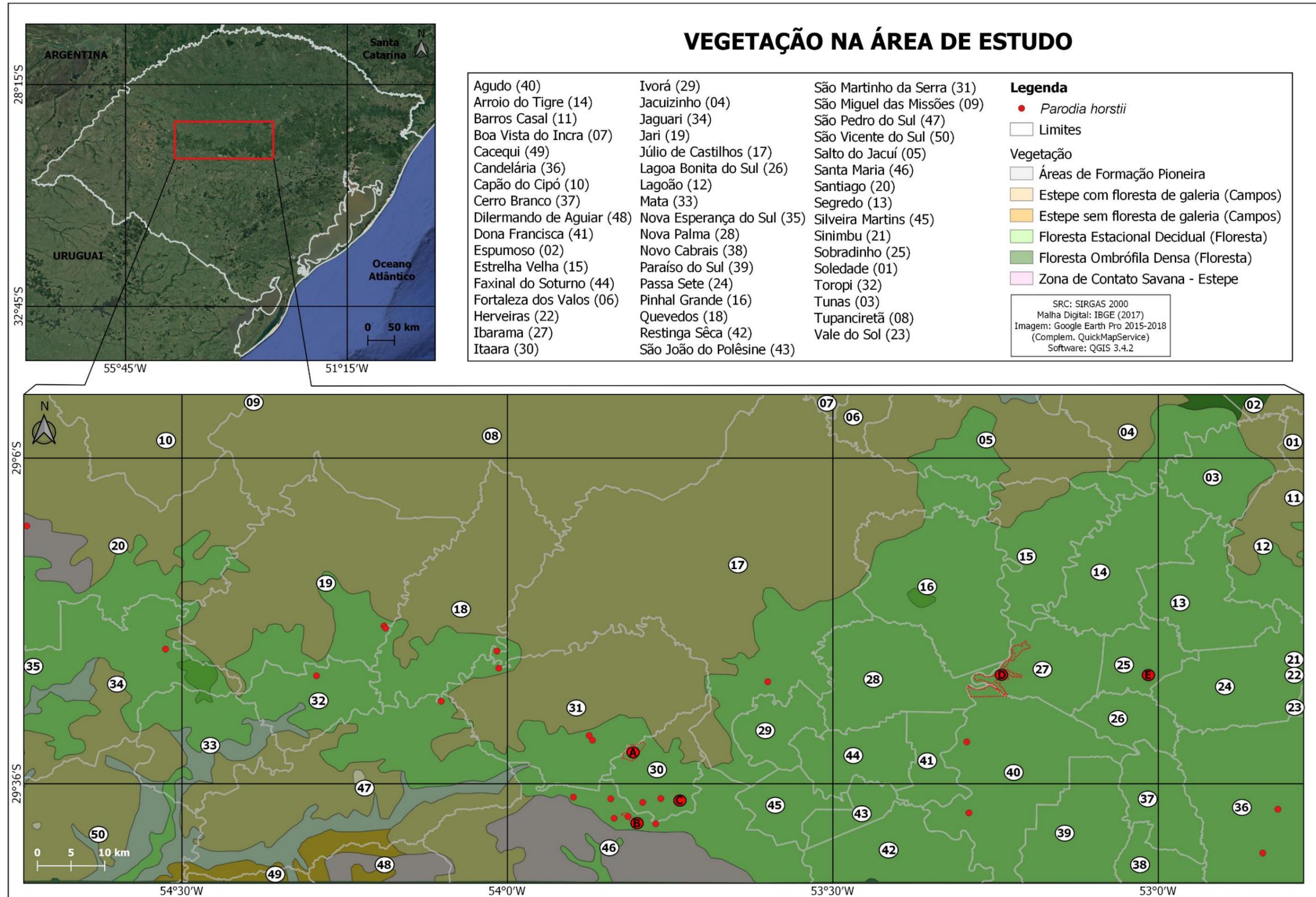
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 28 - Mapa de orientação de vertentes da área de estudo.



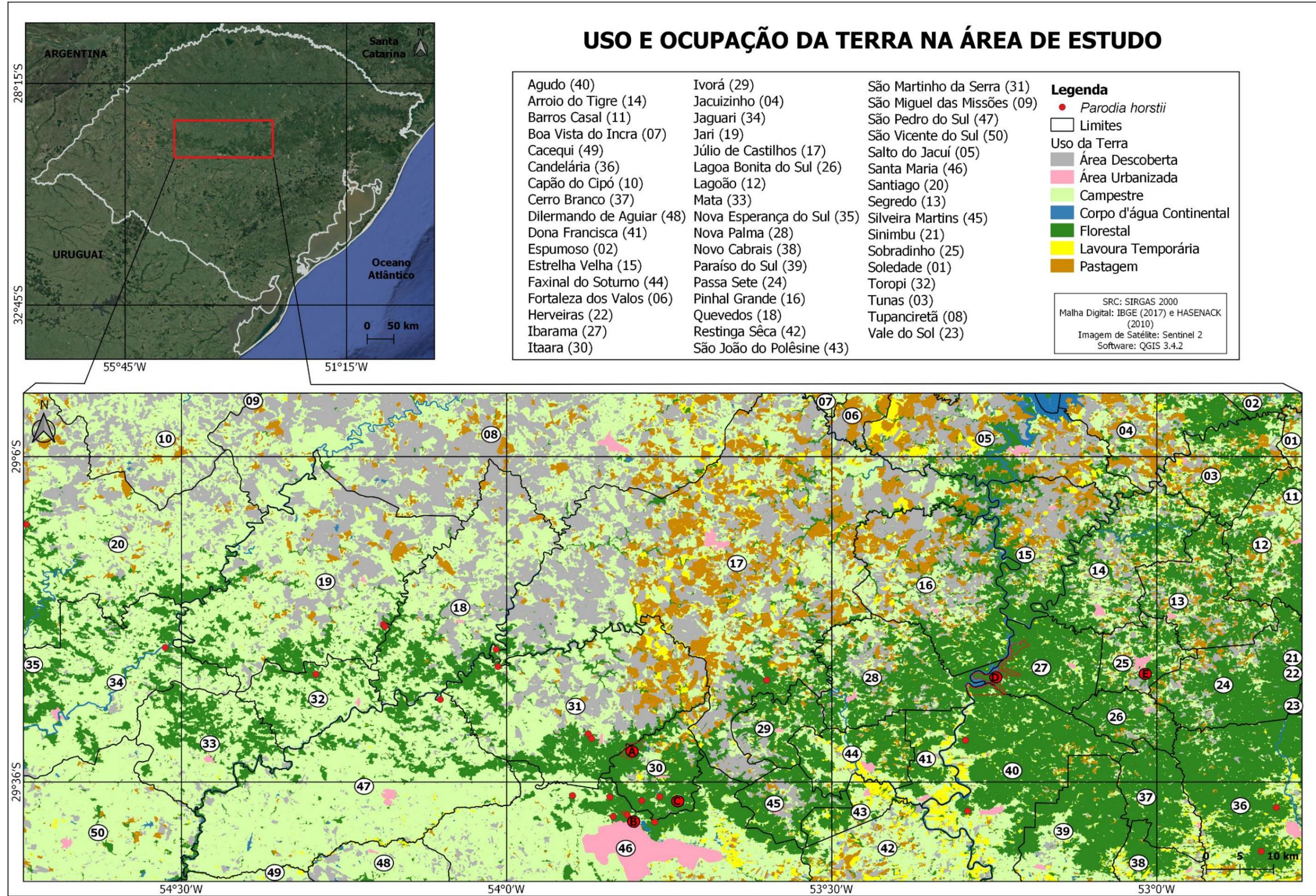
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 29 - Mapa de vegetação na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 30 - Mapa de uso e ocupação da terra na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DOS PONTOS I, II E III

### 4.2.1 Características microclimáticas do Ponto I - Santiago

Neste ponto de amostragem, o mais ocidental na área de estudo, foram obtidos *in loco*, os respectivos valores das médias horárias mensais de Temperatura do ar (°C), no período de 01 de fevereiro a 19 de setembro de 2019, organizados e apresentados na Figura 31:

Figura 31 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto I do período de coleta de 2019.

	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
00:00	19,4	16,9	17,5	15,7	12,9	8,5	8,8	12,0
01:00	18,9	16,4	17,2	15,5	12,5	8,4	8,6	11,7
02:00	18,6	16,0	16,9	15,4	12,2	8,2	8,2	11,4
03:00	18,2	15,9	16,8	15,1	12,0	7,9	8,0	11,3
04:00	18,0	15,6	16,6	15,0	11,8	7,6	7,8	11,1
05:00	17,8	15,3	16,5	14,8	11,6	7,4	7,8	10,7
06:00	18,2	15,4	16,3	14,7	11,5	7,2	7,8	10,9
07:00	21,2	18,1	17,0	15,1	11,9	7,2	8,6	12,8
08:00	25,3	22,0	20,3	17,0	14,4	9,6	12,8	16,5
09:00	28,1	25,7	23,5	19,4	19,3	14,0	17,9	19,7
10:00	30,1	28,1	26,0	21,4	23,1	17,6	21,3	22,4
11:00	31,3	29,8	27,6	22,7	24,8	19,7	23,2	23,4
12:00	32,8	30,2	28,4	23,5	26,4	20,8	24,2	24,7
13:00	32,5	30,5	29,0	23,5	26,3	21,4	24,5	25,6
14:00	31,8	30,3	28,6	23,3	25,8	21,4	24,2	25,2
15:00	31,0	29,5	27,7	22,6	25,0	20,6	23,4	24,3
16:00	29,7	27,7	25,9	21,1	21,7	18,4	21,2	22,3
17:00	27,9	25,6	23,5	19,0	18,4	15,0	17,6	19,9
18:00	26,0	22,9	21,4	17,8	16,2	12,4	14,5	17,3
19:00	23,4	20,7	20,1	16,9	15,0	11,0	12,4	15,6
20:00	21,9	19,5	19,4	16,5	14,4	10,2	11,2	14,3
21:00	21,0	18,7	18,6	16,3	13,9	9,7	10,2	13,6
22:00	20,1	18,1	18,2	16,0	13,5	9,4	9,7	12,9
23:00	19,6	17,6	17,7	15,9	13,1	8,9	9,1	12,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nesse mesmo ponto e período amostrado, também foram obtidos valores das médias horárias mensais de Umidade Relativa do ar (%), conforme a Figura 32:

Figura 32 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto I do período de coleta de 2019.

	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>
00:00	87,1	88,6	88,7	91,7	87,8	87,8	87,1	85,4
01:00	87,8	89,1	88,7	92,0	88,2	87,8	88,0	86,3
02:00	88,1	89,5	88,9	92,2	88,9	88,1	88,3	86,4
03:00	88,8	89,9	89,3	92,2	89,2	88,0	88,6	86,8
04:00	89,0	90,1	89,6	92,5	89,0	88,1	88,8	87,0
05:00	89,1	90,3	90,1	92,5	89,7	88,4	88,9	87,5
06:00	89,6	90,6	90,3	92,5	89,9	88,3	89,2	88,1
07:00	85,6	87,7	90,5	92,7	89,9	89,0	89,3	86,1
08:00	74,6	79,5	84,2	90,3	87,8	86,8	81,8	77,5
09:00	66,5	70,4	77,6	85,8	76,6	78,3	69,5	69,5
10:00	61,0	62,7	71,1	80,3	66,0	68,5	58,3	61,3
11:00	56,4	57,0	65,6	75,4	60,2	61,8	53,3	58,3
12:00	52,0	55,9	62,9	73,2	55,4	58,7	50,2	55,2
13:00	51,3	54,8	60,9	72,6	54,7	56,3	49,1	52,7
14:00	53,2	55,6	61,8	73,5	56,3	56,3	50,3	53,4
15:00	55,1	58,0	64,1	76,3	59,3	58,2	51,7	55,2
16:00	59,6	62,7	69,9	81,6	71,9	65,8	57,9	61,2
17:00	66,1	70,7	78,7	87,2	79,4	76,0	69,7	68,8
18:00	73,2	79,5	83,3	88,7	83,6	81,0	76,8	75,4
19:00	79,9	83,3	85,3	89,9	85,3	84,0	80,7	79,1
20:00	83,0	85,6	86,8	90,6	86,2	85,4	83,2	81,8
21:00	84,7	87,1	87,6	91,0	86,7	86,1	84,8	82,7
22:00	85,9	87,8	88,0	91,4	87,3	86,4	86,1	83,6
23:00	86,4	88,3	88,5	91,8	87,9	87,2	86,3	84,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao observar os dados das temperaturas médias do mês de fevereiro, notou-se que a temperatura média mínima do ar foi de 17,8 °C, registrada às 05:00 horas, sendo que posteriormente, ao decorrer das horas elevou-se, quando às 12:00 horas, a temperatura média máxima do ar atingiu 32,8 °C. Por tratar-se de fevereiro, mês em que as incidências dos raios solares ainda estão fortes no hemisfério Sul, as temperaturas mantiveram-se elevadas durante todo fotoperíodo. Considerando a orientação da vertente (Nordeste - Norte), o Ponto I recebe insolação na maior parte do dia, sendo que às 18:00 horas, quando o sol se encaminha para o seu poente, observou-se um declínio da temperatura de forma um pouco mais acentuada em comparação as quedas das horas anteriores. A amplitude térmica para esse mês foi alta, marcando 15,0 °C. Tal fato que pode ser explicado devido ao tipo de vegetação presente no

entorno do Ponto I, caracterizada como uma mata ciliar rala e assim não promovendo a permanência do calor, tornando as temperaturas mais amenas durante a noite e mais quentes durante o dia. Já a umidade relativa do ar tem sua maior porcentagem, marcando 89,6% às 6:00 horas, e posteriormente ao longo das horas, mantêm-se baixa, atingindo seu menor valor, quando registrou 51,3%, às 13:00 horas. Apesar do Ponto I localizar-se próximo a um curso fluvial, o local observado mantém-se com bastante insolação durante o dia, favorecendo a evaporação e dessa forma mantendo a umidade relativa baixa no ambiente.

No mês de março, a temperatura média mínima do ar no atingiu 15,3 °C, às 5:00 horas. Durante o dia e ao longo das horas, as temperaturas mantiveram-se elevadas, onde a temperatura média máxima do ar atingiu aos 30,5 °C às 13:00 horas. É importante ressaltar que o mês de março é caracterizado pelo período em que o hemisfério Sul ingressa na estação do outono, quando as temperaturas começam a tornar-se mais amenas, mas ainda marcando temperaturas na faixa dos 30 °C durante o dia. Ainda para esse mesmo mês, a amplitude térmica manteve-se alta, em virtude da diminuição da temperatura do ar durante à noite, marcando 15,2 °C. No que trata da umidade relativa do ar no mês de março, a maior porcentagem registrou 90,6%, às 6:00 horas e diminuindo a medida no decorrer das horas. O menor valor médio da umidade relativa do ar encontrado no Ponto I foi de 54,8%, mensurado às 13:00 horas.

Em abril, no Ponto I, o menor valor da temperatura média do ar alcançou 16,3 °C, às 6:00 horas. As temperaturas ainda permaneceram elevadas durante o dia ao longo deste mês, onde a temperatura média máxima do ar chegou a 29,0 °C às 13:00 horas, sendo que diminuem lentamente durante o fotoperíodo, onde mantiveram-se abaixo dos 20 °C à noite. A amplitude térmica para o mês de abril, foi de 12,7 °C, evidenciando que as temperaturas no local foram amenas, não muito altas durante o dia e nem muito baixas durante a noite. Ainda, no mesmo mês, a umidade relativa do ar teve sua média máxima registrada com 90,5 % às 7:00 horas, enquanto a média mínima marcou 60,9%, às 13:00 horas. Destaca-se que o Ponto I encontra-se afastado do mar, resultando em alta influência da continentalidade e pouca promoção de umidade na atmosfera, dependendo diretamente do curso d'água e/ou também ventos regionais que promovam chuvas.

No próximo mês, maio, observou-se a temperatura média mínima do ar de 14,7°C, às 6:00 horas, porém a temperatura não elevou-se demasiadamente, sendo que a temperatura média máxima do ar atingiu 23,5 °C às 12:00 horas e manteve-se até iniciar o seu declínio, a partir das 14:00 horas. No Rio Grande do Sul, conforme Sartori (2016) ao longo do término do outono, por vezes é observado um período de “veranico” no mês de maio, o que não foi observado neste mês de maio 2019. A amplitude térmica, no mês de maio, apresentou o valor de 8,8°C, sendo

notável a proximidade das temperaturas mínimas e máximas para esse mês. A média máxima da umidade relativa do ar em maio apresentou 92,7% de umidade às 7:00 horas. Observou-se, que para esse mesmo mês, a média mínima da umidade relativa do ar começou atingir valores acima dos 70%, marcando precisamente 72,6 % às 13:00 horas.

Já no período de transição do outono para o inverno, no mês de junho, o Ponto I registra sua temperatura média mínima do ar marcando 11,5 °C às 6:00 horas. Por outro lado, percebe-se um aumento significativo da temperatura no período diurno, atingindo a temperatura média máxima do ar de 26,4 °C às 12:00 horas, declinando ao passar das horas e estabelecendo-se em valores abaixo dos 25,0 °C a partir das 15:00 horas. A observação das temperaturas altas para o mês de junho pode estar relacionada ao veranico tardio, já que tal fenômeno não foi observado no mês de maio. Nesse sentido, observou-se na literatura, que ao término do outono ou no início do inverno pode ser prevista uma sutil estiagem com temperaturas em gradativa ascensão, sendo caracterizado como o período de veranico de maio. Nessa situação, observa-se condições atmosféricas como céu limpo, estabilidade do ar, ventos fracos, temperaturas mínimas do ar superiores a 12,0 °C e máximas superiores a 25,0 °C, semelhante às condições de tempo do verão, ao menos durante quatro dias (MACHADO, 1950; SARTORI, 2016). No que diz respeito a junho, no Ponto I observou-se uma amplitude térmica de 14,9 °C. A umidade relativa média máxima em junho registrou 89,9 %, observada entre 06:00 e 07:00 horas, enquanto a média mínima atingiu 54,7% às 13:00 horas.

No mês seguinte, em julho, registrou-se a temperatura média mínima do ar com 7,2 °C, entre 6:00 e 7:00 horas. Ao longo da manhã, a temperatura elevou-se um pouco, onde a temperatura média máxima do ar atingiu 21,4 °C, entre às 13:00 e 14:00 horas. A amplitude térmica apresentou o valor de 14,2 °C. A umidade relativa do ar teve sua média máxima registrada em 89 %, às 7:00 horas, enquanto a sua média mínima atingiu em 56,3 %, entre às 13:00 e 14:00 horas. Para o Ponto I, as temperaturas do mês de agosto mantiveram-se amenas, da mesma forma como foi observado no mês anterior. A temperatura média mínima do ar atingiu 7,8 °C, às 4:00 horas e permanecendo nesse valor até as 7:00 horas, quando começou a elevar-se ligeiramente, até quando a temperatura média máxima do ar atingiu 24,5°C, às 13:00 horas. A amplitude térmica totalizou 16,7 °C, caracterizando esse mês com temperaturas mínimas baixas e máximas altas para essa estação do ano, sendo que a presença de temperaturas mais elevadas é justificada devido a aproximação da estação seguinte, a primavera. Já a umidade relativa do ar apresentou sua média mínima com o valor de 89,3% às 7:00 horas, enquanto a média máxima do ar atingiu 49,1 %, às 13:00 horas. No mês de setembro, a temperatura média mínima do ar observada foi de 10,7 °C, às 5:00 horas. Durante o período das

manhãs, as temperaturas apresentaram uma rápida elevação, onde a temperatura média máxima do ar atingiu seu auge como o valor de 26,6 °C, às 13:00 horas. A amplitude térmica atingiu o valor de 15,9°C. A umidade relativa do ar apresentou sua média máxima com 88,1%, às 6:00 horas e média mínima atingiu 52,7%, às 13:00 horas.

#### 4.2.2 Características microclimáticas do Ponto II - Itaara

No ponto intermediário da área de estudo, no período de 01 de fevereiro a 19 de setembro de 2019, foram obtidos os seguintes valores médios mensais de Temperatura do ar (°C), conforme a Figura 33:

Figura 33 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto II do período de coleta de 2019.

	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
00:00	19,6	17,9	17,4	15,6	15,8	10,7	11,8	13,4
01:00	19,3	17,6	17,2	15,4	15,7	10,5	11,7	13,2
02:00	19,0	17,3	17,0	15,4	15,3	10,4	11,4	13,2
03:00	18,9	17,1	16,9	15,3	15,1	10,3	11,4	12,9
04:00	18,8	16,8	16,8	15,2	15,0	10,0	11,2	12,7
05:00	18,5	16,7	16,6	15,0	15,1	10,0	11,0	12,6
06:00	19,4	16,9	16,6	15,1	15,1	9,8	10,9	12,8
07:00	21,5	19,9	18,5	15,7	15,3	10,1	12,3	14,7
08:00	23,7	21,8	20,4	16,8	17,4	12,8	14,1	16,0
09:00	24,4	23,0	21,7	17,5	18,8	14,3	15,9	17,2
10:00	25,5	24,2	22,5	18,2	20,1	15,6	17,5	18,2
11:00	26,0	25,1	22,7	18,8	20,8	16,2	18,6	18,9
12:00	26,2	25,0	23,0	19,0	21,1	16,3	19,1	19,3
13:00	26,2	24,7	22,7	19,2	21,0	16,4	18,6	19,0
14:00	25,8	24,1	22,4	19,0	20,3	15,6	17,9	18,5
15:00	25,2	23,6	22,1	18,7	19,9	15,0	17,2	18,2
16:00	24,9	23,1	21,6	18,0	18,9	14,3	16,6	17,6
17:00	24,3	22,3	20,5	17,3	17,1	12,9	15,1	16,5
18:00	23,1	20,8	19,3	16,8	16,4	12,1	13,8	15,1
19:00	21,7	19,7	18,8	16,4	16,1	11,6	13,0	14,4
20:00	21,0	19,2	18,5	16,1	16,1	11,5	12,6	14,4
21:00	20,5	18,8	18,1	15,9	16,0	11,3	12,4	14,1
22:00	20,0	18,6	17,7	15,7	16,0	11,1	12,1	13,8
23:00	19,6	18,4	17,4	15,6	15,8	11,0	11,7	13,8

Localizado em um escarpamento com denso contingente florestal no entorno, este ponto intermediário da área de estudo apresentou os seguintes valores médios mensais de Umidade Relativa do ar (%), conforme a Figura 34:

Figura 34 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto II do período de coleta de 2019.

	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
00:00	88,7	90,2	93,7	94,8	86,6	89,5	86,1	89,2
01:00	89,6	90,6	94,0	94,8	86,6	89,3	85,9	88,4
02:00	90,3	90,8	94,1	94,9	86,9	89,4	86,4	87,9
03:00	90,5	91,3	94,4	94,9	87,2	89,5	86,4	88,0
04:00	90,2	92,0	94,5	94,7	87,6	89,7	86,6	88,1
05:00	91,1	92,3	94,5	94,9	87,4	90,0	86,6	87,9
06:00	90,6	92,4	94,7	95,1	86,6	89,8	86,9	87,8
07:00	85,6	86,4	93,2	94,6	86,7	89,8	85,1	84,3
08:00	80,5	81,7	89,2	93,2	82,8	84,6	80,1	80,3
09:00	77,9	78,1	85,8	92,0	79,3	79,4	75,5	76,5
10:00	74,9	74,9	83,4	90,4	75,4	75,3	71,3	75,0
11:00	73,1	72,8	83,1	89,8	73,7	73,4	67,6	72,4
12:00	71,9	72,5	81,4	88,8	71,7	72,5	65,9	72,1
13:00	71,4	72,9	82,5	88,3	71,4	72,4	66,4	72,0
14:00	71,8	74,1	83,5	88,5	72,8	75,1	69,0	73,2
15:00	73,7	75,7	84,2	89,8	75,2	77,8	71,1	74,5
16:00	74,4	77,0	85,1	91,9	79,2	80,9	73,2	75,9
17:00	75,8	79,5	88,6	93,4	84,8	85,0	78,7	80,7
18:00	79,6	83,9	91,2	94,3	86,8	87,1	82,7	85,8
19:00	83,8	86,9	92,1	94,5	87,0	88,1	84,3	87,9
20:00	85,6	88,3	92,1	94,9	86,7	88,3	84,8	86,8
21:00	86,6	89,0	92,7	94,9	87,4	88,7	84,4	87,4
22:00	87,2	89,1	93,2	94,8	86,6	88,9	84,9	87,3
23:00	87,7	90,0	93,8	94,8	86,6	89,0	85,9	87,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Conforme os dados observados no Ponto II, no mês de fevereiro, a sua temperatura média mínima do ar atingiu o valor de 19,4 °C, às 6:00 horas. Conforme a elevação da temperatura ao longo das horas, a temperatura média máxima do ar atingiu 26,2 °C, às 13:00 horas. Apesar deste mês encontrar-se estação do verão, as temperaturas não elevaram-se muito pelo fato do Ponto II estar posicionado no topo de um *canyon*, onde a vegetação nativa do entorno revela-se de forma densa e assim propiciando temperaturas relativamente mais baixas

e mais amenas em comparação ao Ponto I. Outro fator determinante é a orientação da vertente, direcionada para Leste - Nordeste, onde a exposição a luz e radiação solar é menor, até cerca de 13:00 da tarde. A amplitude térmica para este mês marcou 6,8 °C. Já a umidade relativa do ar apresentou sua média máxima o valor de 91,1 % às 5:00 horas e a sua média mínima atingiu 71,4 %, às 13:00 horas.

Em março, a temperatura média mínima do ar observada foi de 16,7 °C, às 5:00 horas e temperatura média máxima do ar representou 25,1 °C, às 11:00 horas. Embora o mês de março seja um mês característico na transição das estações verão e outono, ainda não há registro de temperaturas muito baixas no Ponto II. A amplitude térmica para este mês atingiu 8,4 °C. No que corresponde aos valores de umidade relativa, a média máxima atingiu 92,4%, às 6:00 horas e a média mínima alcançou 72,5 %, às 12:00 horas. Já no período do outono, no mês abril, a temperatura média mínima do ar atingiu 16,6 °C, observada às 5:00 horas e permanecendo até às 7:00 horas, quando a temperatura começou a elevar-se de forma moderada, mas não ultrapassando 23 °C às 12:00 horas, este representando, o valor da média máxima. O valor de 6,4 °C correspondeu a amplitude térmica para o mês de abril. A umidade relativa apresentou a sua média máxima quando atingiu 94,7% de umidade, às 06:00 horas, enquanto a sua média mínima foi identificada às 12:00 horas, com 81,4%.

No que precede o inverno, o mês de maio, a temperatura média mínima do ar foi de 15 °C, às 5:00 horas, enquanto a temperatura média máxima do ar chegou à 19,2 °C às 12:00 horas. Devido essa pequena diferença de temperatura, é importante salientar novamente a orientação da vertente, direcionada para o Leste - Nordeste, a qual recebe mais insolação no período da manhã e insolação nula no período da tarde, justificando a ausência de temperaturas mais elevadas nesse turno. A amplitude térmica de maio atingiu o modesto valor de 4,2 °C. Ainda nesse mês, a umidade relativa do ar, atingiu sua média máxima com 95,1%, às 6:00 horas, enquanto sua média mínima chegou à 88,3%, às 13:00 horas. Destaca-se que o mês de maio representou o mês com os maiores valores médios de umidade relativa do ar em comparação aos outros meses analisados no Ponto II.

No Ponto II, no mês de junho, a temperatura média mínima do ar observada atingiu 15,0 °C, às 04:00 horas, elevando-se um pouco durante as manhãs, de forma que a temperatura média máxima do ar atingiu 21,1 °C às 12:00 horas, sendo que mais tarde a temperatura começa a declinar. A amplitude térmica registrada para esse mês foi de 6,1 °C. O mês de junho, diferentemente do mês de maio, não apresentou valores de médios de umidade relativa muito elevada, sendo que sua média máxima chegou a 87,6 %, às 4:00 horas e a sua média mínima alcançou 71,4%, às 12:00 horas.

No mês de julho, o valor da temperatura média mínima do ar ficou abaixo dos 10°C, onde registrou-se 9,8°C, às 6:00 horas. Ao longo da manhã a temperatura elevou-se até atingiu sua temperatura média máxima do ar, marcando 16,4 °C às 13:00 horas. O valor da amplitude térmica para esse mês registrou 6,6 °C. A valor da umidade relativa do ar média máxima teve seu maior registro com 90 %, às 05:00 horas, enquanto a média mínima atingiu 72,4 %, às 13:00 horas.

Ainda no período do inverno no hemisfério Sul, o mês de agosto, que antecede a primavera, marcou sua temperatura média mínima do ar de 10,9 °C às 6:00 horas e, apesar de uma temperatura mínima baixa, observou-se a temperatura média máxima do ar de 19,1 °C às 12:00 horas. Para esse mês, a amplitude térmica marcou 8,2 °C. Mesmo com a abundante presença de umidade neste local, promovida pela proximidade de uma queda d'água nas imediações do Ponto II, as porcentagens de umidades encontraram-se abaixo de 90%. O valor da média máxima da umidade relativa do ar atingiu 86,6 %, às 4:00 horas, valor este mantido até às 6:00 horas, quando começa declinar durante a manhã, onde às 12:00 horas atingiu o valor de 65,9 %.

Para setembro, o último mês amostrado, já a caminho da estação da primavera, o ponto II apresentou sua temperatura média mínima do ar com valor de 12, 6 °C, marcada às 5:00 horas, enquanto sua temperatura média máxima do ar registrada foi de 19,3 °C, às 12:00 horas. Ainda no mesmo mês, a amplitude térmica ficou em 6,7 °C. Por fim, o valor da umidade relativa do ar teve sua média máxima quando atingiu 89,2 %, às 00:00 horas, enquanto ao valor da média mínima registrada foi de 72%, às 13:00 horas.

#### **4.2.3 Características microclimáticas do Ponto III - Candelária**

Na posição mais oriental da área de estudo, no período de amostragem de 01 de fevereiro a 19 de setembro de 2019, este ponto apresentou os seguintes valores médios mensais de temperatura de acordo com a Figura 35:

Figura 35 - Painel de valores das médias horárias mensais da Temperatura do ar (°C) do Ponto III do período de coleta de 2019.

	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>
00:00	19,9	18,6	17,9	15,5	16,9	11,6	12,4	13,6
01:00	19,7	18,3	17,9	15,5	16,9	11,7	12,1	13,8
02:00	19,6	18,1	17,8	15,3	16,9	11,8	11,9	13,7
03:00	19,5	17,9	17,7	15,3	16,7	11,7	12,0	13,6
04:00	19,3	17,7	17,6	15,3	16,6	11,8	12,0	13,7
05:00	19,1	17,5	17,5	15,4	16,4	11,7	11,6	13,6
06:00	19,3	17,5	17,4	15,3	16,5	11,6	11,6	13,6
07:00	19,8	17,7	17,6	15,3	16,5	11,7	12,0	14,0
08:00	20,4	18,1	17,9	15,6	16,7	11,9	12,8	14,4
09:00	21,2	18,7	18,5	16,0	17,4	12,1	13,4	14,8
10:00	22,0	19,9	19,4	16,7	18,1	12,9	14,9	15,6
11:00	23,4	21,6	20,7	17,5	19,0	13,9	16,8	17,2
12:00	25,0	23,3	22,1	18,3	19,8	14,9	18,7	18,3
13:00	26,5	24,9	22,8	18,9	20,4	15,7	19,9	18,8
14:00	26,9	24,9	22,9	18,8	20,5	16,2	20,1	18,7
15:00	26,8	24,7	22,5	18,6	20,5	15,9	19,5	18,3
16:00	26,0	24,2	21,9	17,7	19,1	14,7	18,0	17,5
17:00	24,7	22,5	20,6	16,6	17,6	12,6	15,1	16,2
18:00	23,4	21,0	19,3	16,2	17,4	12,1	13,8	15,3
19:00	21,6	20,4	19,0	16,0	17,3	12,0	13,3	15,4
20:00	21,1	19,8	18,7	15,8	17,2	11,9	13,0	15,0
21:00	20,7	19,3	18,4	15,6	17,1	11,8	12,6	14,5
22:00	20,4	19,0	18,2	15,6	17,2	11,9	12,5	14,2
23:00	20,0	18,9	17,9	15,5	17,1	11,9	12,2	14,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nesse mesmo ponto amostral oriental e de maior elevação altimétrica, foram registrados no mesmo período, os seguintes valores médios mensais de umidade relativa do ar por mês do Ponto III, de acordo com a Figura 36:

Figura 36 - Painel de valores das médias horárias mensais da Umidade Relativa do ar (%) do Ponto III do período de coleta de 2019.

	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
00:00	86,0	85,1	91,3	94,7	79,3	82,0	81,6	83,2
01:00	87,0	85,9	90,4	94,4	78,6	81,1	81,8	82,0
02:00	86,5	86,6	90,5	94,3	77,7	81,1	82,1	82,1
03:00	86,7	86,5	91,0	93,7	77,8	80,4	81,8	82,6
04:00	86,9	87,1	91,0	93,4	77,4	78,8	81,4	80,8
05:00	87,1	87,8	91,2	92,7	77,4	77,7	82,2	81,5
06:00	87,0	87,6	91,4	92,9	77,3	78,0	82,2	81,2
07:00	86,1	87,2	91,3	93,2	77,3	77,9	81,7	79,9
08:00	86,0	87,5	91,2	93,1	77,7	78,3	80,2	79,8
09:00	86,3	87,7	90,3	92,5	75,4	77,8	78,9	81,4
10:00	84,8	85,8	89,3	92,1	75,7	76,7	74,1	79,3
11:00	82,0	80,2	86,5	91,2	74,7	75,9	69,3	76,2
12:00	76,2	75,9	84,3	90,4	72,4	74,5	63,9	73,0
13:00	72,8	71,5	81,9	89,7	71,6	72,7	62,1	71,7
14:00	70,8	71,4	81,3	89,3	72,9	72,4	61,2	72,4
15:00	69,4	72,0	81,4	89,0	72,2	72,9	63,3	72,7
16:00	71,1	72,2	82,3	90,7	75,8	75,7	67,3	74,3
17:00	73,9	76,4	84,3	92,5	80,5	81,2	73,7	76,9
18:00	74,9	78,5	87,2	93,2	80,5	82,4	77,3	78,7
19:00	78,7	80,7	88,2	94,1	80,2	83,2	78,6	79,2
20:00	80,0	83,4	89,4	94,4	80,2	83,6	79,1	80,3
21:00	82,1	84,6	90,4	94,9	80,3	83,2	80,6	82,0
22:00	82,7	84,7	90,8	94,5	79,2	82,3	81,0	82,0
23:00	84,0	86,0	91,3	94,9	79,4	81,4	81,6	82,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Primeiramente o Ponto III, o mês de fevereiro, atingiu sua menor média de temperatura do ar marcando 19,1 °C, registrada às 5:00 horas, enquanto sua maior temperatura média registrada foi de 26,9 °C, às 14:00 horas. Apesar desse ponto ter maior proximidade do mar, ou seja, submetido a influência da maritimidade, a sua orientação da vertente é direcionada para Noroeste - Oeste, isto é, onde ocorre maior incidência de raios solares até o por-do-sol, condição essa que justifica a conservação de valores encontrados acima dos 26 °C até às 16:00 horas. A amplitude térmica para este mês registrou o valor de 7,8 °C. A umidade do ar teve sua média máxima com 87,1 %, às 5:00 horas, sendo que o menor média da umidade relativa do ar deste ponto foi de 69,4 %, às 15:00 horas.

Em março, encontrou-se a menor temperatura média do ar com 17,5 °C entre 5:00 e 6:00 horas. Também observou-se temperaturas médias relativamente altas, onde a média mais alta registrada foi de 24,9 °C, entre 13:00 e 14:00 horas. No que trata da amplitude térmica do mês de março, registrou-se 7,4 °C. O valor da umidade relativa do ar teve sua média máxima registrada com 87,8 %, às 5:00 horas, enquanto sua média mínima, às 14:00, marcou 71,4 %.

O mês seguinte de abril apresentou temperaturas muito homogêneas, entre 0:00 e 8:00 horas, não declinando de 17 °C. A temperatura mínima média do ar registrada foi de 17,4 °C, às 6:00 horas. Com o passar das horas, enquanto a temperatura elevou-se, seu valor médio máximo atingiu 22,9 °C às 14:00 horas. A amplitude térmica do Ponto III no mês abril totalizou 5,5 °C. Nesse mesmo mês, a umidade relativa do ar apresentou valores um pouco mais elevados, com a média máxima de 91,4 % às 6:00 horas e a média mínima atingindo 81,3 %, às 14:00.

Para o mês de maio as temperaturas mostraram-se constantes durante o período noturno, apesar de mais baixas em relação ao mês anterior. A temperatura média mínima do ar em maio chegou a 15,3 °C às 7:00 horas. Ainda, observou-se que a temperatura permaneceu nesse valor entre 2:00 e 4:00 horas, elevando-se para 15,4 °C, às 5:00 horas e mais tarde retornando aos 15,3 °C, onde permaneceu assim até começar a elevar-se durante o período diurno. Entretanto, a temperatura não se eleva muito, atingindo a sua média máxima com 18,9 °C, às 13:00 horas. Registrou-se o valor de 3,6 °C para a amplitude térmica de maio, valor esse que confirma a pequena diferença entre os valores das temperaturas mínimas e máximas. A umidade relativa do ar do mês de maio mostrou-se elevada em comparação aos outros meses analisados, onde a média máxima apresentou-se com 94,9 %, às 21:00 horas e posteriormente às 23:00. Já a média mínima registrada da umidade relativa do ar foi de 89 % às 15:00 horas.

Em junho, mês em que tipicamente o hemisfério Sul ingressa na estação do inverno, o Ponto III apresentou temperaturas um pouco elevadas para a estação. A temperatura média mínima do ar foi de 16,5 °C, observada às 7:00 da manhã, enquanto a temperatura média máxima do ar atingiu 20,5 °C, registrada entre 14:00 e 15:00 horas. Ainda para o mesmo mês, a amplitude térmica ficou no valor de 4°C. Além das temperaturas moderadamente elevadas, o mês de junho apresentou a maior média de umidade relativa do ar, com 80,5 %, entre às 17:00 e 18:00 horas, enquanto a menor média observada foi de 71,6 %, às 13:00 horas.

Ainda no período do inverno em julho, as temperaturas do Ponto III, apresentaram-se menores, onde a mínima média foi de 11,7 °C, registrada às 5:00 horas e a máxima média marcou 16,2 °C, às 14:00 horas. A amplitude para o mês de julho é de 4,5 °C. A respeito da umidade relativa do ar, no mês julho, a sua máxima registrada foi de 83,6%, às 20:00 horas, enquanto a média mínima atingiu 72,4 %, às 14:00 horas.

No mês seguinte, agosto, o Ponto III, marcou sua menor temperatura média, atingindo 11,6 °C, entre 5:00 e 6:00 horas, sendo que mais tarde, conforme a elevação da temperatura diurna, o valor da maior temperatura média alcançou 20,1 °C, às 14:00. Para esse mesmo mês, a amplitude térmica ficou no valor de 8,5 °C. A umidade relativa do ar do Ponto III mostrou-se ser inversamente proporcional a temperatura, onde a média máxima marcou 82,2 % entre o período das 5:00 e 6:00 horas. No decorrer das horas, a média mínima registrada foi de 62,1 %, às 13:00 horas.

No último mês de amostragem, em setembro, o Ponto III marcou a menor temperatura do ar com 13,6 °C, 5:00 e 6:00 horas, elevando-se um pouco durante o período diurno, onde chegou a sua máxima com 18,8 °C, às 13:00 horas. No que trata da amplitude térmica, registrou-se 5,2 °C, evidenciando-se que os valores das temperaturas médias mínimas e máxima são próximos. Ainda sobre o mês de setembro, a média máxima da umidade relativa do ar atingiu o valor com 82,6 % às 3:00, enquanto a média mínima alcançou 71,7 %, às 13:00 horas.

#### **4.2.4 Variabilidade microclimática entre o Ponto I, II e III**

Os Pontos I, II e III, analisados nesse capítulo, possuem particularidades e semelhanças. De maneira geral, para o período de 01 fevereiro à 19 de setembro de 2019, o Ponto I é observado com temperaturas médias ligeiramente mais quentes durante o fotoperíodo em relação ao ponto II e III. A maior temperatura média observada no Ponto I foi registrada no mês de fevereiro, marcando 32,8 °C. Dos meses amostrados, fevereiro é o único em que está totalmente na estação de verão. Nesse sentido as temperaturas tendem a ser mais elevadas pela incidência dos raios solares sobre o hemisfério Sul e conseqüentemente as dinâmicas das massas de ar desta estação. A menor temperatura do ar no Ponto I, foi marcada em julho, sendo de 7,2 °C. É importante salientar que as temperaturas no ano amostrado, estão ligeiramente mais elevadas do que o habitual. A umidade relativa do ar, no Ponto I, tem sua maior porcentagem registrada no mês de maio, marcando 92,7% enquanto seu menor valor foi observado em agosto com apenas 49,1 % de umidade.

Isto se deve ao fato de sua localização geográfica ser o ponto mais continental dentre os demais pontos amostrados, além da influência de uma vegetação escassa e decídua e orientação da vertente direcionada para setor Nordeste - Norte, e dessa maneira recebendo maiores valores de radiação solar durante boa parte do fotoperíodo. Outro fator a ser considerado é o valor de altitude, com 217 metros a nível do mar, inferior aos outros pontos amostrados e tornando o

ambiente sem influência orográfica, que seria um aspecto o qual resultaria em temperaturas ligeiramente mais amenas.

No que trata do Ponto II, é importante salientar sua posição geográfica, localizada em uma região serrana no centro do Rio Grande do Sul, com altitude considerável, com 387 metros acima do nível do mar. Na proximidade desse ponto, o escarpamento rochoso é voltado para posição Leste - Nordeste, onde para esta população o fotoperíodo é mais curto que os demais, e considerando a presença e a influência de uma queda d'água nas imediações, os valores de térmicos resultam em temperaturas mais amenas.

Para o Ponto II, a maior temperatura do ar foi registrada no mês de fevereiro, marcando 26,2 °C e a menor ocorreu em julho, com 9,8 °C, assim como no Ponto I. A temperatura máxima para o Ponto II aparece bem mais baixa em comparação ao Ponto I, pois trata-se de um local com influência da altitude. Observa-se inclusive que a umidade relativa do ar para o Ponto II aparece com sua máxima em maio chegando aos 95,1% de umidade, enquanto a mínima em agosto, chega a 65,9. Nesse sentido, observa-se a influência da queda d'água presente próxima ao local amostrado e ainda a evapotranspiração resultante da vegetação. Foi possível observar que a umidade relativa do ar do Ponto II, de maneira geral, apresenta valores mais elevados que o Ponto I, onde duas possíveis causas para tal fato deve-se ao efeito orográfico da precipitação, devido a rugosidade do relevo e a disponibilidade de umidade quase que constante, proveniente da queda d'água e da presença de uma densa cobertura florestal no entorno da escarpa.

Por fim, o Ponto III, apresenta uma variabilidade peculiar em razão da forma do relevo onde está localizado, em um morro testemunho com grande elevação altimétrica, com 554 metros de altitude acima do nível do mar. O ponto III, apesar de estar mais próximo do oceano em relação ao Ponto I e II, o escarpamento não se encontra próximo de corpos d'água ou expressiva rede fluvial nas imediações do seu ambiente, dependendo diretamente da umidade do ar e de precipitações. A temperatura máxima encontrada no Ponto III foi de 26,9 °C enquanto a menor temperatura registrada foi de 11,6 °C. Ao observar os dados de temperatura do ar, é possível identificar certa proximidade entre as temperaturas mínimas e máximas entre os Pontos II e III, diferenciando-se do Ponto I que apresenta temperaturas um pouco mais elevadas cerca de 4 a 5°C graus durante o fotoperíodo, pelas particularidades de localização e orientação da orientação da vertente.

Ainda, o ponto III apresenta características típicas de inversão térmica em topos de morro, pois a temperatura observada a noite não é tão baixa e mantêm-se por algumas horas, mesmo após o término do fotoperíodo. Observa-se que nas médias da umidade relativa do ar, o

ponto III apresenta variabilidade elevado, não baixando dos 60% no período amostrado, enquanto a maior porcentagem está em 94,9%.

Os valores complementares obtidos de temperatura (mínimas, máximas, médias mínimas, médias máximas, temperatura média, amplitude térmica, amplitude térmica média e horas de  $T < 25^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do ar (mínima, máxima, média e horas de umidade do ar média  $\geq 95\%$ ) dos três pontos amostrais foram organizados de forma sintética e apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Valores obtidos de temperatura e umidade relativa do ar dos três pontos amostrais na área de estudo.

<b>Ponto</b>	<b>Tmín (°C)</b>	<b>Tmáx (°C)</b>	<b>Média Tmín (°C)</b>	<b>Média Tmáx (°C)</b>	<b>Tméd (°C)</b>	<b>AT (°C)</b>	<b>Média AT (°C)</b>	<b>UR mín (%)</b>	<b>UR máx (%)</b>	<b>UR méd (%)</b>	<b>Horas de UR méd <math>\geq</math> 95%</b>
I	-4,8	39,4	7,2	32,8	18,3	44,2	14,1	28,4	96,9	78,3	87
II	-0,8	34,5	9,8	26,2	17,3	35,3	4,8	65,9	95,1	85,2	123
III	0,4	34,5	11,6	26,9	17,2	34,1	5,2	61,2	94,9	82,2	135

Fonte: Elaborado pelo autor.

As temperaturas máximas registradas nos pontos I, II e III foram respectivamente  $39,4^{\circ}\text{C}$  em fevereiro,  $34,5^{\circ}\text{C}$ , também para o mesmo mês e  $34,5^{\circ}\text{C}$  no mês de março, enquanto as temperaturas mínimas encontradas nos pontos foram respectivamente de  $-4,8^{\circ}\text{C}$ ,  $-0,8^{\circ}\text{C}$  e  $0,4^{\circ}\text{C}$ , todas para o mês de julho. A amplitude térmica para os mesmos pontos, nessa ordem, apresentou valores de  $44,2^{\circ}\text{C}$ ,  $35,3^{\circ}\text{C}$  e  $34,1^{\circ}\text{C}$ . Em termos de médias de umidade relativa do ar, os pontos I, II e III possuem características semelhantes, com valores médios de 78,3%, 85,2% e 82,3%, nessa ordem. O ponto II apresentou a média da umidade do ar mais elevada, talvez pela disponibilidade de umidade local da vegetação, corpo d'água e orografia.

Em termos absolutos, é observada as horas de umidade igual ou acima de 95% com algumas diferenças em cada ponto durante seus entre os meses analisados, onde o Ponto I aparece com 87 horas de umidade, o Ponto II com 123 horas de umidade e o Ponto III, 135 horas de umidade.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS HABITATS ENCONTRADOS NA ÁREA DE ESTUDO

#### **Habitat A - Santiago.**

Nesse escarpamento, situa-se o habitat de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) (Figura 37), cuja ocorrência é a mais ocidental na área de estudo, em uma pequena escarpa em um vale fluvial. A população encontra-se em escarpa rochosa abrupta com 8 - 10 metros de altura, com diaclasamento horizontal, feição típica de derrames basais ou de topo. Além disso, a escarpa encontra-se cercada por uma formação florestal identificada como ripária. Foram observados exemplares com flores púrpuras.

Figura 37 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor em escarpamento rochoso em Santiago.



Fonte: Autor.

A litologia da escarpa consiste em rocha vulcânica, caracterizada como basalto toleítico, devido considerável teor de sílica. A orientação solar do escarpamento direciona-se para o

Nordeste NE - Norte (N), onde exemplares encontram-se em sua maioria em pleno sol e em menor parte, em setores mais sombreados. Esta população apresenta indivíduos de variadas idades e tamanhos, revelando um equilíbrio ecológico. A dinâmica é notável, representada por pequenos exemplares provenientes de sementes que germinaram em fendas das rochas e patamares.

A respeito da ecologia, juntamente com o táxon em estudo, também foram encontrados nos afloramentos rochosos *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia leucopetala* Büneker, R. Pontes & Witeck (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Lepismium lumbricoides* (Lem.) Barthlott, *Parodia schumanniana* subsp. *claviceps* (Ritter) Hofacker & P. J. Braun, *P. linkii* (Lehm.) R. Kiesling, *P. muricata* (Otto ex Pfeiff.) Hofacker (Cactaceae), *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems e *S. sellovii* (Mart.) Wiehler (Gesneriaceae). Em uma das visitas após elevados índices pluviométricos, foi observado que mesmo durante o período de cheia do curso fluvial, a população mantém-se intacta, sem ser atingida pelo nível da lâmina de água. Outros pontos com afloramentos rochosos foram averiguados nas proximidades, mas sem a presença do táxon em estudo, demonstrando ter ocorrência restrita na área.

No que trata das ameaças, foram identificadas severas ações antrópicas no seu entorno que coloca em risco a população da espécie em estudo, como a conversão de campo nativo para uso agrícola, com a utilização de defensivos e atividades de correção do nível do solo próximo a encosta. Foi observada a atividade do fogo (queimadas) nas proximidades. Encontra-se em área privada, porém não inserida nenhuma modalidade de unidade de conservação.

### **Habitat B - Jaguari.**

O habitat B encontra-se no município de Jaguari em um escarpamento rochoso que encontra-se quase que oculto pela floresta ripária, junto ao curso fluvial. Neste pequeno local encontrou-se uma população representada por não muitos indivíduos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) em uma escarpa rochosa abrupta, com 45° de inclinação, com cerca de 15 - 20 metros de altura. A litologia da escarpa é constituída de rocha vulcânica, o basalto, apresentando diaclasamento vertical, característico de derrame intermediário. A vertente possui orientação solar voltada para o Nordeste (NE) - Norte (N).

Essa população apresenta-se muito pontual, onde as plantas se encontram na porção média até o topo da escarpa. Foram encontradas também crescendo na escarpa *Hippeastrum multiflorum* Büneker, K. Soares & L. C. Assis (Amaryllidaceae), *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Echinopsis*

*oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff. (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae). Na escarpa (Figura 38), não foram identificados indícios de ameaça antrópica, porém a população pode ser afetada por processos erosivos de encostas, através da desagregação dos blocos de rochas, que são naturalmente destacados da encosta através dos processos de intemperismo físico e químico. Outra ameaça potencial natural é o sombreamento total ocasionado por arvoretas, cipós e lianas. A utilização deste trecho do vale como potencial energético da área apresenta-se como uma possível ameaça futura. A área não se encontra em unidade de conservação e nenhuma outra escarpa foi encontrada nas imediações.

Figura 38 - Escarpamento, cercado por Floresta Estacional Decidual, em Jaguari.



Fonte: Autor.

### Habitat C - Toropi.

No município de Toropi foi encontrada uma população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) em um morrote nas imediações de um curso fluvial, em um escarpamento de basalto, apresentando linhas de diáclases. A escarpa (Figura 39) com cerca de 25 metros de altura, possui orientação solar Norte (N) - Noroeste (NW), cercada de arbustos e espécies arbóreas. Neste local a espécie é representada por agrupamentos esparsos de indivíduos adultos. *Hippeastrum multiflorum* Büneker, K. Soares & L. C. Assis (Amaryllidaceae), *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum. (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae) também estão presentes na escarpa. Seu topo é visivelmente antropizado, sugerindo uma alteração pretérita do solo e uma posterior regeneração ecológica. Ameaças antrópicas não foram identificadas. A área privada não encontra-se em unidade de conservação.

Figura 39 - Escarpamento em morro isolado próximo a um curso d'água, Toropi.



Fonte: Autor.

### Habitat D - Jari.

Neste município encontram-se algumas escarpas rochosas em patamares superiores de um extenso vale fluvial. Nessas escarpas, com cerca de 80 - 100 metros de altura, o basalto foi a rocha vulcânica identificada. As populações presentes de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) nesse habitat são bem representadas, com indivíduos jovens à adultos. A orientação solar da escarpa é Nordeste (NE) - Norte (N), envolta por uma vegetação arbustiva - arbórea. Outras espécies foram observadas, como *Dyckia delicata* Larocca & Sobral, *D. selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh, *T. sp.* (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Parodia magnifica* (F. Ritter) F. H. Brandt (Cactaceae). A escarpa (Figura 40) encontra-se intacta porém, em outras das imediações, na borda de terrenos planos, estão sendo progressivamente impactadas, devido atividades de correção da borda das encostas, através de máquinas agrícolas, para o aproveitamento do solo para o cultura da soja.

Figura 40 - Escarpamento em vale fluvial cercado por Floresta Estacional Decidual.



Fonte: Autor.

Essa proximidade de atividades antrópicas revela-se como uma ameaça para a sobrevivência dessas populações, que pode sofrer impactos diretos ou indiretos devido a utilização de defensivos agrícolas e demais práticas associadas a esta atividade. A área não encontra-se em unidade de conservação.

### **Habitat E - Jari.**

Na proximidade do local mencionado anteriormente, cerca de 500 metros, encontra-se esse outro local. Apresenta as mesmas características e ameaças previamente apontadas.

### **Habitat F - São Pedro do Sul.**

Este habitat situa-se em um morro, junto a um extenso vale fluvial. Encontra-se em uma escarpa com cerca de 25 metros, constituída de rocha basáltica. A escarpa apresenta orientação Norte (N) - Noroeste (NW). *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) cresce de forma esparsa, junto com *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff., *Parodia magnifica* (F. Ritter) F. H. Brandt (Cactaceae).

Próximo ao afloramento rochoso no topo da escarpa, em áreas mais planas, é possível presenciar progressivo desmatamento devido a expansão de atividades agrícolas, colocando o topo da escarpa em situação de risco devido à proximidade de tais atividades. Ainda, na escarpa rochosa, encontram-se lianas e cipós, potenciais ameaças em aspectos de competição ecológica para as cactáceas. A área não está inserida em unidade de conservação.

### **Habitat G - Júlio de Castilhos.**

Na porção montante do Rio Toropi é possível observar um vale encaixado, apresentando diversos escarpamentos íngremes. Apesar desta abundância de ambientes, em apenas uma escarpa foi identificada *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter), neste extenso vale fluvial. Ocorrem junto com *Dyckia selloa* Baker e *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), também próximo a colônias de *Parodia magnifica* (F. Ritter) F. H. Brandt (Cactaceae), em uma escarpa íngreme junto a um curso fluvial. A litologia do escarpamento é identificada como basalto, apresentando 30 – 35 metros de altura, com difícil acesso. A orientação solar é voltada para os setores Leste (E) - Nordeste (NE).

A ameaça antrópica é caracterizada pela recente instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) nas imediações. Conforme a altura e posição do barramento da PCH, com a elevação da altura da lâmina d'água, é possível que esta população seja atingida por completo, direta ou indiretamente, podendo inclusive ser submersa. A área não é contemplada por unidade de conservação.

### **Habitat H - São Martinho da Serra.**

Em um ponto isolado, junto a um vale fluvial, encontra-se um escarpamento com cerca de 10 metros de altura, constituído por rochas vulcânicas basálticas, apresentando rede de diaclases e com orientação solar voltada para a direção Nordeste (NE) - Norte (N).

Nesta escarpa a população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) é representada por uma população com vários indivíduos de diversos estágios, simpátrica com *Hippeastrum multiflorum* Büneker, K. Soares & L. C. Assis (Amaryllidaceae), *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff., *Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq., *Opuntia elata* Link & Otto, *Parodia linkii* (Lehm.) R. Kiesling (Cactaceae), *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems e *S. sellovii* (Mart.) Wiehler (Gesneriaceae).

As principais ameaças antrópicas estão relacionadas a atividades de expansão da agricultura, essa especificamente voltada para o cultivo de soja, onde rochas da parte superior da escarpa vem sido progressivamente removidas dos campos litólicos e posteriormente, lançadas da encosta em direção ao rio, podendo comprometer a integridade e a qualidade do habitat. Outras ameaças potenciais nas imediações estão relacionadas a as atividades de Pequenas Centrais Hidrelétrica (PCH), já que o fluxo fluvial desta região é visto como interessante potencial para esta atividade. O posicionamento e altura do barramento a ser edificado é decisivo para que a população não seja afetada pois ocorra elevação expressiva da altura da lâmina d'água neste determinado ponto, este habitat de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (Figura 41), pode ser comprometida pelo alagamento de forma direta.

Apesar da região apresentar grande riqueza florística em seus ambientes campestres, além de sua exuberante beleza cênica, esta área privada onde está localizada a escarpa não encontra-se contemplada por nenhuma unidade de conservação.

Figura 41 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor em fase fértil em São Martinho da Serra.



Fonte: Autor.

### **Habitat I - São Martinho da Serra.**

O habitat I encontra-se em um vale de um curso fluvial, onde localiza-se uma escarpa rochosa abrupta (45°), com cerca de 90 - 100 metros de altura (Figura 42). Constituída por rocha vulcânica basáltica, contém diaclases verticais, típicas de derrame intermediário. A orientação solar Leste (E) – Nordeste (NE), recebendo radiação solar apenas algumas horas por dia. O escarpamento apresenta-se em sol pleno, rodeada de densa vegetação florestal, sem sombreamento promovido pela interferência das árvores.

Com o acesso muito difícil devido à altura e verticalidade, imagens próximas as populações não puderam ser efetuadas. Com o auxílio de um binóculo, foram encontrados indivíduos de *Parodia horstii* (Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter), na porção média da escarpa, distribuídos de forma esparsa e constituindo uma população muito reduzida.

Figura 42 - Escarpa abrupta no em um vale em São Martinho da Serra.



Fonte: Autor.

À distância, com ajuda de um binóculo, foram identificadas espécies rupícolas e saxícolas como *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia lorentizana* Griseb., *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae) e *Cereus hildmannianus* Mill., (Cactaceae). Nenhuma atividade antrópica foi observada na escarpa, porém foi observado a fragmentação de blocos de rocha, devido o colapso de colunas geradas pelo diaclasamento da rocha, colocando em risco esta população. Nas imediações do topo foram observadas práticas de uso do solo para agricultura, mais especificamente o cultivo da soja. A área não se encontra em unidade de conservação.

### **Habitat J - São Martinho da Serra.**

Ainda no mesmo vale do local mencionado no habitat I, encontra-se outra escarpa rochosa abrupta (45°), com cerca de 30 metros de altura, constituída de rochas basálticas. A escarpa rochosa apresenta rede de diaclasamento vertical, proveniente de derrames do tipo

intermediário, com orientação solar voltada para o Norte (N) - Noroeste (NW). Neste local de difícil acesso (Figura 43), foram encontrados exemplares de *Parodia horstii* (Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter), com distribuição esparsa, juntamente com *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia lorentizana* Griseb., *Tillandsia toropiensis* (Rauh) (Bromeliaceae) e *Cereus hildmannianus* Mill., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff. (Cactaceae). Ressalta-se que esta escarpa se encontra parcialmente sombreada pela vegetação florestal do entorno. Apesar de nenhuma ameaça antrópica ter sido observada, a queda natural de blocos da escarpa pode ser mencionada. Esta área não é contemplada por unidade de conservação.

Figura 43 - Escarpa semi-sombreada com elementos xerófilos.



Fonte: Autor.

### **Habitat K - Santa Maria.**

O habitat K constitui o ambiente onde foi encontrada, distante de redes de drenagem fluvial, em um morrote isolado com uma escarpa abrupta (45°), constituída de arenito

retrabalhado da Formação Botucatu, uma outra população. A escarpa direciona-se para o Norte (N) - Noroeste (NW), bem insolarada, com a presença de alguns arbustos e espécies arbóreas de pequeno porte. Apesar da existência de outros escarpamentos nessa mesma região, apenas em uma escarpa específica foram encontrados indivíduos de *Parodia horstii* (Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) (Figura 44).

Figura 44 - Indivíduos adultos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na escarpa de arenito.



Fonte: Autor.

Neste local foram encontrados exemplares juvenis e adultos, indicativo de um equilíbrio ecológico. Na escarpa também foram encontradas outras espécies xerófilas como *Dyckia choristaminea* Mez, *D. polyclada* L. B. Smith, *Tillandsia lorentizana* Griseb. (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff., *Parodia linkii* (Lehm.) R. Kiesling e *Parodia ottonis* (Lehm.) N. P. Taylor (Cactaceae).

No que trata das ameaças ambientais, as atividades antrópicas são presentes no entorno da escarpa rochosa, caracterizadas pela conversão do uso do solo no topo e práticas de queimadas intencionais no campo. Ainda foi possível observar a supressão de vegetação na base do morrote apenas em níveis de fácil acessibilidade, onde a acentuada declividade de sua encosta promove o impedimento de tais práticas. O fogo intencional provocado com o intuito de limpar a área de campo na base da escarpa revela-se como a maior ameaça, podendo atingir e comprometer a existência dos indivíduos. Esta área privada não está contemplada por nenhuma modalidade de unidade de conservação.

### **Habitat L - Santa Maria.**

Quase oculto na paisagem, esse escarpamento encontra-se em um flanco de um morrote com uma encosta apresentando escarpa abrupta de 45°, constituída por de rocha vulcânica basáltica, apresentando linhas de diaclasamento, está situado o habitat L. A exemplo do habitat K, também se encontra afastado de redes de drenagem fluvial A orientação solar da escarpa é voltada para Norte (N) - Noroeste (NW), onde parte da escarpa encontra-se em sol pleno e outra parte parcialmente encoberta por arbustos e arvoretas.

Neste local, *Parodia horstii* (Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) (Figura 45) é representada por uma população de indivíduos juvenis e adultos, em equilíbrio ecológico. *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* (Rauh) (Bromeliaceae) *Cereus hildmannianus* Mill. (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae) também estão presentes na mesma escarpa. Por ser um local de difícil acesso não apresenta ameaças antrópicas. A única ameaça que pode ser apontada é o desmoronamento de blocos de rocha, devido processos erosivos. Esta área particular não encontra-se em unidade de conservação.

Figura 45 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor sobre substrato composto por serrapilheira.



Fonte: Autor.

### **Habitat M - Santa Maria.**

O habitat M é constituído por um escarpamento que está localizado em um morro com uma densa formação florestal, distante de redes de drenagem fluviais. Esse escarpamento abrupto de 45, com cerca de 20 metros de altura, é constituído de arenito muito friável da Formação Botucatu. A escarpa apresenta orientação solar voltada para a direção Norte (N) - Noroeste (NW), em sol pleno, sendo que alguns setores são sombreados por arbustos e arvoretas. *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) (Figura 46) é representado de forma esparsa neste local. Esta escarpa é a localidade original do *Notocactus purpureus* Ritter HU 20a = HU 813 = FR 1268, que por muitos anos, por ser um dos poucos locais conhecidos da espécie, forneceu material para a descrição original e cultivo.

Figura 46 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor em sua localidade tipo, na escarpa abrupta.



Fonte: Autor.

Também são encontradas *Dyckia choristaminea* Mez, *D. polyclada* L. B. Smith (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff., *Parodia linkii* (Lehm.) R. Kiesling, *Parodia ottonis* (Lehm.) N. P. Taylor (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae). Outros locais nas proximidades foram investigados, mas não foram encontradas outras populações.

O destacamento de blocos e fragmentos devido instabilidade da encosta frente a processos erosivos revela-se como um risco aos indivíduos que habitam a escarpa. A presença do fogo no sopé do morro, natural ou intencional, também revela-se como outra ameaça a esta população. O local não encontra-se contemplado em unidade de conservação.

**Habitat N - Santa Maria.**

O habitat N encontra-se em um morro afastado da rede de drenagens fluviais. A escarpa abrupta com 45° de inclinação, é constituída de arenito silicificado, o arenito intertrápico. A escarpa encontra-se em sol pleno, sendo que alguns setores estão em processo de sombreamento devido ao crescimento de árvores e arbustos. Sua orientação solar é voltada para Nordeste (NE) - Norte (N), cercada por uma formação florestal não muito densa, antropizada por atividades realizadas no passado. Nos patamares da encosta, indivíduos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) foram encontrados ocorrendo de forma esparsa e muito pontual, algumas vezes em agrupamentos (Figura 47).

Figura 47 - Agrupamento de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo junto com *Dyckya selloa* Baker (Bromeliaceae) em escarpa abrupta.



Fonte: Autor.

Outras espécies xerófilas presentes na escarpa são *Begonia sp.* (Begoniaceae) *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia äeranthos* (Loisel.) L. B. Smith, *T. lorentziana* Griseb., *T. toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* (Cactaceae), *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae). O local encontra-se severamente impactado devido abertura de vias para esportes radicais, como práticas de escalada e rapel, cujo as vias para a realização dessas atividades encontram-se no meio das populações fragmentadas e possivelmente já em processo de declínio. O local encontra-se contemplado em unidade de conservação de uso sustentável, no Parque Natural Municipal dos Morros (PNMM), estabelecido através do Decreto Executivo Municipal n°. 074/2016.

Como medida mitigadora sugere-se encerramento de tais atividades na expectativa de que o habitat retorne ao seu clímax populacional, visto que foram observados indivíduos com potencial de recolonização e reconstituição deste habitat. Dessa maneira, esta sugestão e outras medidas conservacionistas legais devem ser agregadas ao plano de manejo para a conservação da espécie.

### **Habitat O - Santa Maria.**

O habitat O encontra-se em um ponto elevado de um morro, distante de redes fluviais expressivas. A escarpa abrupta de 45° apresenta sua litologia constituída de rocha basáltica, sendo notável a rede de diaclasamentos. A orientação solar é direcionada para o Norte (N) - Noroeste (NW), sendo que grande parte da escarpa encontra-se em sol pleno, e alguns setores sombreados por arbustos ou árvores. Esta população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) (Figura 48), apesar de não muito expressiva, apresenta-se bem conservada, onde é possível visualizar exemplares juvenis e adultos. Resalta-se que esta população corresponde a população HU 20d, conforme a numeração estabelecida por Leopoldo Horst. No mesmo escarpamento encontram-se presentes *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia lorentziana* Griseb., *Cereus hildmannianus* Mill., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff., (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae).

Devido ao difícil acesso do local, a escarpa não apresenta ameaças antrópicas. Como ameaças naturais podem ser apontados processos erosivos, devido o destacamento e queda de blocos da escarpa e sombreamento parcial em razão da expansão florestal nativa. O local encontra-se nas imediações de empreendimentos de mineração voltados para a extração de rochas para a britagem. Considerando esse fato, é possível que uma futura expansão de tais atividades possam afetar este habitat que não se encontra em nenhuma unidade de conservação.

Figura 48 - Indivíduos adultos e férteis de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor.



Fonte: Autor.

### **Habitat P - Itaara.**

O habitat P está inserido em um vale profundo próximo a um arroio não identificado, apresentando uma escarpa abrupta de origem basáltica, com cerca de 30 metros de altura, com orientação solar voltada para o Nordeste (NE) - Norte (N), com expressiva rede de diaclasamento vertical. A escarpa encontra-se instável, onde foram observados blocos de rochas já estarem em processo de destacamento. Também foram encontrados depósitos de tálus no sopé da escarpa. Este habitat encontra-se severamente sombreado pela vegetação, prejudicando o manutenção da espécie em estudo, que apresenta características heliófilas. Esta pequena população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (*Notocactus purpureus* Ritter, *Notocactus*, *sensu stricto*) foi encontrada de forma esparsa e pontual com indivíduos de *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia lorentziana* Griseb., *Cereus hildmannianus* Mill., e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae).

Por encontrar-se em um local de difícil acesso, este habitat não apresenta ameaça antrópica, mas sim natural. A expansão da vegetação florestal sobre a escarpa promovendo o seu sombreamento e a desagregação da escarpa através queda de blocos de rocha refletem diretamente na existência dessa comunidade vegetal. O local não se encontra em unidade de conservação.

### **Habitat Q - Itaara.**

Em outro vale profundo, próximo a um pequeno curso fluvial, encontrou-se uma escarpa abrupta com cerca de 50 metros de altura e constituída de rochas basálticas, que foi denominado de habitat Q. Com abundante rede de diaclases, esta escarpa apresenta orientação solar direcionada para Leste (E) - Nordeste (NE), sendo exposta à luz solar apenas algumas horas do dia, durante o turno da manhã. Enfatiza-se que próximo a escarpa encontra-se uma queda d'água, fornecendo umidade para alguns setores da escarpa. A parede encontra-se parcialmente sombreada, onde a parte superior está exposta ao Sol pleno. A população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) é representada de forma abundante, inclusive por exemplares adultos (Figura 49), restritos nas porções mais secas, melhor ensolaradas, afastados alguns metros da queda d'água.

Enfatiza-se que esta população foi encontrada por Leopoldo Horst e Friedrich Ritter, correspondente ao número HU 20c = HU 814 = FR 1268. *Hippeastrum multiflorum* Büneker, K. Soares & L. C. Assis (Amaryllidaceae), *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia toropiensis* Rauh (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Echinopsis oxygona* (Link) Zucc. ex Pfeiff. (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae) também são encontradas neste mesmo escarpamento.

A ameaça antrópica deste local é representada pela proximidade de residências que se encontram no topo da escarpa e descarte de resíduos sólidos de construção civil ou mesmo lixo, que são jogados vale abaixo. Já, a ameaça natural, restringe-se ao evidente desmoronamento de blocos de rocha que se desprendem da escarpa, em razão do intemperismo ocasionado pelo processo de erosão. Este local não se encontra protegido em unidade de conservação.

Figura 49 - Expressiva população com diversos exemplares adultos crescendo com outros representantes xerófilos.



Fonte: Autor.

### **Habitat R - Júlio de Castilhos.**

O habitat R encontra-se situado em um morro isolado, porém próximo à rede de drenagem de um curso fluvial. A rocha constituinte do escarpamento foi identificada como basalto. A escarpa de 45° apresenta orientação solar voltada Nordeste (NE) - Norte (N), sendo seu entorno bem florestado. A população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus purpureus* F. Ritter) é representada por vários exemplares adultos, restritos a áreas mais parcialmente sombreadas da escarpa, ocorrendo entre arbustos e pequenas árvores. *Dyckia selloa* Baker, *Tillandsia lorentziana* Griseb. (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Parodia schumanniana* subsp. *claviceps* (Ritter) Hofacker & P. J. Braun, (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae).

Pelo fato deste morro isolado (Figura 50) estar em uma topografia acidentada, nenhuma ameaça foi constatada, porém nas imediações ocorrem intensas atividades antrópicas

relacionadas no uso da terra, direcionada exclusivamente para o cultivo da soja. A respeito das ameaças naturais, apenas é observado o destacamento e desmoronamento dos processos erosivos de encosta, que ocorrem de forma natural. Este local não se encontra protegido em unidade de conservação.

Figura 50 - Morro isolado, apresentando escarpa abrupta parcialmente arborizada.



Fonte: Autor.

### **Habitat S - Agudo.**

O tipo de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* F. Ritter), HU 17 = FR 1269, foi encontrado originalmente nesta localidade isolada por Leopoldo Horst entre as décadas de 1950 - 1960. Este táxon ocorre em uma escarpa rochosa abrupta, denominada habitat S, com cerca de 45° de inclinação e constituída por rocha basáltica, não muito distante de um curso fluvial. A escarpa possui orientação solar voltada para Nordeste (NE) - Norte (N) onde parte da escarpa é sombreada pela vegetação arbórea. A ameaça observada relaciona-se

ao processo de intemperismo da escarpa, perceptível devido a presença de disjunção colunar, aspecto peculiar em rochas vulcânicas, especialmente o basalto. A Figura 51 apresenta *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* F. Ritter) representada por exemplares em plena fase fértil na escarpa abrupta.

Figura 51 - Indivíduos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor em plena fase fértil.



Fonte: Autor.

Sobre as rochas também foram identificados *Hippeastrum striatum* (Lam.) H. E. Moore (Amaryllidaceae), *Dyckia agudensis* Irgang & Sobral (Bromeliaceae), *Tillandsia aeranthos* (Loisel.) L. B. Smith (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq., *L. lumbricoides* (Lem.) Barthlott (Cactaceae) e *Sinningia macrostachya* (Lind.) Chautems (Gesneriaceae). O local não se encontra contemplado em unidade de conservação.

### Habitat T - Agudo.

Próximo a um expressivo curso fluvial, posiciona-se uma expressiva escarpa rochosa e abrupta, com cerca de 140 metros de altura, denominada de habitat T. O escarpamento apresenta orientação solar direcionada para o Norte (N) - Noroeste (NW), exposta a pleno Sol. A litologia da escarpa consiste em rocha basáltica, sendo também visível uma ampla rede de diaclasamento vertical, peculiar de derrames intermediários. Nesta população, com o auxílio de um binóculo, foram observados indivíduos de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* F. Ritter) (Figura 52) com flores laranja-avermelhada, provavelmente uma forma em comparação ao padrão típico. Apesar de extensa observação, foram encontrados agrupamentos posicionados de forma isolada e pontual.

Figura 52 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo entre fraturas da rocha.



Fonte: Autor.

No escarpamento desse local também ocorre *Dyckia agudensis* Irgang & Sobral, *Tillandsia lorentziana* Griseb., *T. sp.* (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq., *Parodia schumanniana* subsp. *claviceps* (Ritter) Hofacker & P. J. Braun (Cactaceae). A ameaça antrópica é inexistente devido ao acesso a escarpa, em razão ao denso contingente florestal que o cerca. A única ameaça natural observada restringe-se a processos erosivos da escarpa. Não se encontra em unidade de conservação.

### Habitat U - Candelária.

Neste habitat a população de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* fa. *muglianus* K. Herm & Pontes) (Figura 53) encontra-se em um morro resultante do recuo erosivo da escarpa da Serra Geral e próximo a um curso fluvial. A encosta apresenta várias escarpas abruptas, segregadas algumas vezes por densas por formações florestais.

Figura 53 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor crescendo junto com outros elementos xerófitos como *Dyckia myrostachya* Baker e *Tillandsia lorentziana* Griseb.



A escarpa principal apresenta 25 - 40 metros de altura, com orientação solar voltada para a direção o Nordeste (NE) - Norte (N) e constituída de basalto amigdalóide, proveniente de derrame vulcânico de topo e preenchido por diversos minerais do grupo das zeólitas, resultante de processos hidrotermais. Devido à elevada inclinação de suas encostas e a densa vegetação florestal, este local apresenta-se difícil acesso, onde a escarpa é quase que totalmente encoberta pelas árvores, onde as paredes são fortemente sombreadas. Neste local encontra-se população original de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* fa. *muglianus* K. Herm & Pontes) HU 82, com flores vermelhas.

Em razão da acessibilidade ao sopé da escarpa, poucos exemplares foram localizados, de forma esparsa e pontual. Também estão representados na escarpa indivíduos de *Dyckia myrostachya* Baker, *Tillandsia lorentziana* Griseb. (Bromeliaceae) e *Cereus hildmannianus* Mill. (Cactaceae). A ameaça antrópica de esta população é inexistente, devido a distância e ao acesso em virtude da verticalidade. As ameaças naturais caracterizam-se como o progressivo avanço do contingente florestal em direção a escarpa, sombreando-as e forma impedindo a penetração de luz solar direta, também como a queda de blocos da escarpa. Esta área não se encontra em unidade de conservação.

#### **Habitat V - Candelária.**

O habitat V representa o ponto mais oriental da ocorrência da espécie na área de estudo encontra-se localizado um morro testemunho com considerável amplitude altimétrica e afastado de corpos fluviais. Apresenta escarpa abrupta de 45°, com cerca de 80-100 metros de altura, cuja litologia é caracterizada por rochas vulcânicas basálticas oriundas de derrames intermediários. As linhas de diaclasamento vertical são bem marcadas, onde é possível notar colunas fortemente destacadas e afastadas da escarpa, resultante de processos de erosão de encosta. A orientação solar da escarpa é direcionada para Noroeste (NW) - Oeste (W), onde alguns setores são sombreadas devido a presença de vegetação arbustiva e arbórea.

Neste local *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor (= *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* F. Ritter) (Figura 54) corresponde a população original de *Notocactus horstii* var. *purpureiflorus* HU 20b = HU 815 = FR 1269a, descoberto por Leopoldo Horst e Friedrich Ritter durante uma viagem conjunta em 1964.

Figura 54 - *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor no escarpamento rochoso entre gramíneas e líquens.



Fonte: Autor.

Os indivíduos ocorrem de forma dispersa na escarpa, em setores com melhor orientação solar. A população, apesar de pequena, mantém-se reproduzindo, o que foi evidenciado conforme a observação de exemplares juvenis.

Na escarpa o táxon é simpátrico com indivíduos de *Dyckia myrostachya* Baker, *Tillandsia aeranthos* (Loisel.) L. B. Smith, *Tillandsia lorentziana* Griseb. (Bromeliaceae), *Cereus hildmannianus* Mill., *Lepismium cruciforme* (Vell.) Miq. e *Rhipsalis teres* Steud. (Cactaceae) (Figura 55).

Apesar do difícil acesso as escarpas rochosas, a principal atividade antrópica observada é a abertura de vias para esportes radicais, impactando diretamente os indivíduos em alguns setores. A ameaça natural é observada pela erosão do escarpamento, onde blocos de rochas e outros fragmentos são separadas do escarpamento. Mesmo sendo a localidade apresentando

exuberante beleza geomorfológica, este local não é contemplado por nenhuma unidade de conservação.

Figura 55 - Escarpa no topo do morro, contendo espécies xerófilas de distintas famílias botânicas.



Fonte: Autor.

Com base nas observações realizadas nos habitats identificados com *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo, foi elaborado um quadro síntese para melhor organização das informações mais relevantes, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Síntese das observações dos habitats localizados com *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na área de estudo.

Habitat	Município	Ambiente	Altitude	Orientação da Escarpa	Litologia	UC
A	Santiago	Vale fluvial	217 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto toleítico	Não
B	Jaguari	Vale fluvial	154 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
C	Toropi	Morro próximo a vale fluvial	227 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
D	Jari	Vale fluvial	332 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
E	Jari	Vale fluvial	299 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
F	São Pedro do Sul	Morro próximo a vale fluvial	235 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
G	Júlio de Castilhos	Vale fluvial	273 m	Leste (E) - Nordeste (NE)	Basalto	Não
H	São Martinho da Serra	Vale fluvial	192 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
I	São Martinho da Serra	Vale fluvial	410 m	Leste (E) - Nordeste (NE)	Basalto	Não
J	São Martinho da Serra	Vale fluvial	383 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
K	Santa Maria	Morro	256 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Arenito	Não
L	Santa Maria	Morro	356 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
M	Santa Maria	Morro	332 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Arenito	Não
N	Santa Maria	Morro	358 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Arenito intertrápico	Sim
O	Santa Maria	Morro	390 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
P	Itaara	Vale fluvial	385 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
Q	Itaara	Vale fluvial	387 m	Leste (E) - Nordeste (NE)	Basalto	Não
R	Júlio de Castilhos	Morro próximo a vale fluvial	431 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
S	Agudo	Morro	408 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto	Não
T	Agudo	Morro próximo a vale fluvial	400 m	Norte (N) - Noroeste (NW)	Basalto	Não
U	Candelária	Morro	242 m	Nordeste (NE) - Norte (N)	Basalto amigdalóide	Não
V	Candelária	Morro	557 m	Noroeste (NW) - Oeste (W)	Basalto	Não

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4 INFERÊNCIAS ECOLÓGICAS E FITOGEOGRÁFICAS

*Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor é uma espécie herbácea de caráter não dominante na paisagem com aspectos anatômicos e morfológicos associados à heliofilia e à xeromorfia. Caracteriza-se como um táxon endêmico no Bioma Pampa e suas áreas disjuntas, inseridas como enclaves de pequena escala no Bioma Mata Atlântica. Sua distribuição, de forma restrita, decorre da área de contato transicional desses dois biomas, mais especificamente na porção central do Rio Grande do Sul.

Segundo os dados obtidos neste estudo, o táxon apresentou o padrão de distribuição insular e irregular, com estreita vinculação à escarpamentos rochosos bem ensolarados, podendo ser considerada uma espécie geoindicadora por seletividade às condições litológicas. Salienta-se que não foi identificado nenhum padrão específico de ordem altimétrica, geológica e geomorfológica exclusivo para a espécie. As escarpas localizam-se inseridas na área do Rebordo do Planalto, em morros e morrotes residuais e em antigos vales fluviais encaixados na porção austral da unidade geomorfológica Planaltos de Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná. Todos escarpamentos rochosos onde a espécie foi observada coincidem na matriz da Floresta Estacional Decidual.

De acordo com os apontamentos realizados *in loco*, foi constatado que os escarpamentos rochosos (litobiomas) identificados com a espécie apresentam preferencialmente orientação solar para cinco direções: Leste (E), Nordeste (NE), Norte (N), Noroeste (NW) e Oeste (W). A preferência do táxon nessas orientações é justificada devido suas necessidades vitais, onde grande parte das espécies pertencentes à família Cactaceae são vegetais heliófilos, ou seja, com demandas específicas de temperatura e radiação solar para sua sobrevivência. Outra importante característica ambiental observada foi o tipo de substrato onde estão estabelecidos os indivíduos, geralmente enraizados na rocha, com a presença de líquens e musgos e com matéria orgânica e fragmentos de rocha entre as fraturas da escarpa, podendo estar ou não coberta por uma fina camada de serrapilheira. Esse substrato foi identificado como resíduo de material coluvionar, que quando transportado do topo das encostas em direção a base, pela ação da água da chuva e do vento, retém-se nas fendas e fraturas do escarpamento rochoso. Ao que parece, o arranjo de condições de orientação solar, edáficas e microclimáticas podem ser características decisórias para sua sobrevivência, assim como aspectos limitantes para competição ecológica e barreiras de dispersão. Os rios e as florestas do entorno parecem exercer a função de barreiras geográficas, limitando os refúgios.

A permanência da espécie nesses ambientes ainda é motivo de muita especulação. Mas é importante considerar a possibilidade de que algumas formações rochosas desempenharam a função de ambientes paleoinsulares, onde permaneceram temporariamente isoladas ao longo do tempo sem serem afetadas pelas transgressões marinhas. Setores com cotas elevadas no relevo, como topos de morros, podem não terem sido atingidos por tais eventos, exercendo o papel de barreiras geográficas, limitando a expansão das populações. Esse confinamento à longo prazo teria permitido a continuidade da atuação de processos biogeográficos, que mais tarde teriam provocado a diversificação morfológica entre populações e o endemismo. Não descarta-se também a atividade de outros eventos ou fenômenos da natureza que possa ter influenciado a resiliência e distribuição da espécie.

A resistência da planta em períodos de estiagem mais intensa e baixas temperaturas podem ser características vinculadas ao seu grau de adaptação e aos seus ambientes de gênese, que vêm sendo reproduzidos, talvez de forma similar, nesses microhabitats ao longo de milhares de anos através dos ciclos climáticos. Também há de se considerar a possibilidade de que durante os processos de retração, diversas populações não resistiram, sendo sujeitas ao desaparecimento total na paisagem, por contínuo declínio populacional, em razão da incapacidade de competição ambiental e ecológica. Esse processo pode estar relacionado de acordo com intensidade dos eventos e das condições paleoclimáticas exercidas. Mesmo assim, em determinados setores da paisagem, foi impossível o desaparecimento por completo de tais protagonistas, que refugiaram-se em condições muito específicas.

De acordo com conceitos biogeográficos, o padrão insular de distribuição é considerado uma das causas relevantes na diferenciação das populações. Inicialmente, os tipos de variação fenotípica identificados nas populações naturais de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor foram utilizados para delimitação taxonômica das espécies, conforme os trabalhos de Ritter (1966, 1970, 1979), Herm (1993) e Pontes (2019). Essa diferenciação morfológica pode estar relacionada ao isolamento das populações, cujo o fluxo gênico foi provavelmente descontinuado e pode ter desencadeado processos de diferenciação alopátrica. É possível que essas diferenciações sejam um indicativo de processos de divergência ocorridos de forma mais recente, a partir da fragmentação de suas populações. A realização de estudos mais detalhados, no ramo da genética molecular, pode futuramente reconhecer essas formas diferenciadas, atualmente classificadas como sinonímias, como espécies bem definidas. Com ausência desses estudos até o presente momento, provisoriamente, as mesmas devem ser tratadas como sinonímias, de acordo com as suas similaridades morfológicas. No que tange as relações ecológicas, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor praticamente estabelece um padrão, sendo

simpátrica na maioria das vezes com outras espécies xerófitas do gênero *Hippeastrum* Herb. (Amaryllidaceae); *Begonia* L. (Begoniaceae); *Dyckia* Schult.f.; *Tillandsia* L. (Bromeliaceae); *Cereus* Mill., *Echinopsis* Zucc., *Lepismium* Pfeif., *Parodia* Speg. (Cactaceae) e *Sinningia* Nees (Gesneriaceae).

Com as atualizações deste trabalho, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor agora apresenta uma distribuição geográfica mais ampla do que informada na literatura, estendida em linha reta, cerca de 100 km em direção noroeste - oeste e cerca de 105 km em direção ao norte-noroeste. Além disso, novas populações inéditas e intermediárias foram encontradas entre pontos previamente mencionados na literatura, preenchendo hiatos espaciais.

O limite de ocorrência latitudinal é possivelmente determinado por variáveis geomorfológicas, onde o táxon apresenta preferência por feições de relevo associadas à área de rebordo, como morros e morrotes testemunhos e também por áreas de dissecação no planalto como vales fluviais encaixados e também como morros e morrotes associados a esses vales. A ocorrência longitudinal, também é influenciada por variáveis geomorfológicas, sendo que na porção ocidental da área de estudo já não é possível encontrar grandes amplitudes altimétricas, não ocorrendo acidentes geográficos significativos e nem escarpas expressivas que sirvam como ambientes para a espécie deste estudo. Ainda a respeito da ocorrência longitudinal, é possível existir uma vinculação direta com baixa umidade do ar, temperaturas extremas, maior amplitude térmica, fatores relacionados à continentalidade.

Outra importante observação foi a menor frequência de habitats encontrados na porção oriental da área de estudo, tornando-se mais raros em direção ao Leste, visto que a região apresenta maior densidade florestal em seus morros e influência da maritimidade, onde talvez índices mais elevados de umidade relativa do ar possam ser um aspecto decisivo para a ocorrência da espécie. Já na porção ocidental da área de estudo, os habitats foram encontrados em maior frequência, onde efeitos da continentalidade parecem ser um dos fatores preponderantes para essa configuração. Apesar dessas observações, enfatiza-se que a distribuição do táxon ainda não é totalmente resolvida, sendo possível a ocorrência da espécie em locais similares que extrapolem a delimitação da área de estudo apresentada aqui.

Conforme os dados previamente fornecidos na literatura científica, em adição aos novos registros inéditos apresentados nesse trabalho, o conhecimento sobre a distribuição da espécie foi consideravelmente ampliado, contribuindo para a compreensão da espécie, avaliações e estratégias de conservação que possam ser instauradas futuramente.

Com base nas tendências climáticas observadas ao longo dos últimos séculos, em uma provável projeção futura, não descarta-se a possibilidade de uma distribuição mais restrita, em

um cenário de mudança climática extrema com intenso aquecimento da atmosfera. Por outro lado, na possibilidade de retorno de condições mais propícias para este táxon em específico, as populações remanescentes poderão passar por melhoramentos adaptativos e quem sabe serem responsáveis pelo estabelecimento natural de novas novas populações, em nichos ecológicos semelhantes.

Diversas ameaças foram identificadas, oriundas de atividades antrópicas, na maioria das vezes relacionadas à agricultura, cujo impacto de maior amplitude é moderado, devido a restrições topográficas. Futuras pressões econômicas e a modernização da agricultura podem de alguma forma impactar diretamente esses ambientes. As outras ameaças observadas foram o estabelecimento de UHE (Usina Hidrelétrica), PCH (Pequena Central Hidrelétrica), extração de basalto (pedreira), empreendimentos de mineração, prática de esportes radicais na escarpa, comprometendo a estabilidade das populações. Os processos erosivos também são responsáveis pela a perda de habitat, porém o destacamento natural de rochas da escarpa é um fenômeno inevitável do ciclo geomorfológico.

Dos vinte e dois locais identificados com *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, apenas um encontra-se inserido e protegido em uma unidade de conservação. Tal fato revela a carência de conhecimento da espécie da parte da comunidade científica, a ausência de unidades de conservação na parte ocidental da área de estudo e quase inexistência de medidas de conservação que contemplem tais nichos ecológicos de plantas xerófitas. Trabalhos futuros poderão cumprir e complementar essas demandas, através da elaboração de estratégias e propostas pertinentes voltadas a mitigação dos impactos e a conservação desses ambientes.

#### 4.5 RECONSTRUÇÃO HIPOTÉTICA DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor

As flutuações climáticas ocorridas ao longo do Quaternário na América do Sul foram caracterizadas pela alternância de períodos de aridez e frio (glaciações) com períodos úmidos e quentes (interglaciações), evidenciados por testemunhos estratigráficos, paleoclimáticos e paleopalinológicos (HAFFER 1969; HAFFER e PRANCE 2002). A vigência de climas mais frios e secos em períodos glaciais provocaram processos de expansão de ambientes áridos, onde as áreas de distribuição de elementos florísticos foram ampliadas e diversificaram de acordo com as conjunturas oportunas. Mais tarde, a atuação de climas quentes e úmidos em períodos interglaciais influenciaram de forma desfavorável esses elementos que antes encontravam-se favorecidos em aspectos climáticos e ecológicos na paisagem. Tais protagonistas foram submetidos a alterações e pressões ambientais resultando na sua retração e isolamento

geográfico, tornando-se restritos na paisagem sob a forma de refúgios ecológicos (AB'SÁBER, 1977; 1979).

Além da alteração do arranjo na paisagem, os eventos paleoclimáticos do Quaternário podem ter exercido mudanças nos elementos da flora através de processos biogeográficos, promovendo a adaptação e diversificação de espécies frente às novas condições firmadas. Estudos de Bonatelli et al. (2014); Franco et al. (2017a, 2017b) , Silva et al. (2018) e Köhler (2020) mostraram estreita relação entre os padrões de distribuição de cactáceas e as oscilações climáticas decorrentes no Quaternário na América do Sul.

Estimativas paleodistribucionais, mesmo que hipotéticas, podem ajudar a compreender a dinâmica pretérita e a causa da atual disposição dos elementos florísticos. Essas deduções também permitem uma melhor análise e exploração em estudos posteriores, com a utilização de recursos dos variados domínios da ciência, podendo assim ser corroboradas ou refutadas.

No que trata sobre o Sul do Brasil, estudos baseados em registros fósseis de pólen de Behling et al. (2004, 2005, 2009), Behling e Pillar (2007), Bauermann et al. (2008), Jeske-Pieruschka et. al (2010), Bauermann et al. (2011), Jeske-Pieruschka e Behling (2012) e inferências sobre dinâmicas biogeográficas e fitogeográficas sobre o último período glacial de Bolzon e Marchiori (2002), Quadros e Pillar (2002), Waechter (2002), Behling et al. (2009) e Deble (2011), fornecem interpretações e embasamento teórico para a constituição de um panorama paleoambiental hipotético. Com informações de eventos de ordem climática e vegetacional ocorridos durante os últimos 21 ka AP (milhares de anos antes do presente), é possível presumir que tais fenômenos puderam estar relacionados com o desenvolvimento e distribuição de comunidades de cactáceas do Rio Grande do Sul. Desta forma, para uma melhor compreensão, o panorama hipotético a seguir apresenta a provável dinâmica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor na paisagem central do Rio Grande do Sul. Com base nos dados paleobiogeográficos disponíveis na literatura da América do Sul, acredita-se que o gênero *Parodia*, estendia-se de forma mais ampla na região do domínio chaquenho-pampeano através de um vasto corredor arréico e oportuno que englobava a região pré-andina (terras altas) até os pampas (terras baixas). Ao que parece, no decorrer dos milhares de anos, as comunidades foram segregadas, tornando-se isoladas algumas em cordilheiras e serranias. Preliminarmente, deduz-se hipoteticamente que as populações existentes de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, podem ter sido oriundas de algum ancestral comum com outras espécies do gênero. Outra hipótese especulativa é que pode ter sido originada na região atual ou em outra região da América do Sul e que, por meio de rotas favoráveis, atingiu o Rio Grande do Sul em tempos posteriores.

Durante o Pleistoceno Tardio, a partir do registro do último máximo glacial, ocorrido há cerca de 21 a 10 ka AP, o clima encontrava-se frio e seco, com breves períodos úmidos. Nesse período o Planalto Sul-Brasileiro encontrava-se submetido a um regime semi-árido. As formações vegetais predominantes eram abertas, similares a um semi-deserto e caracterizadas por campos secos com a presença de gramíneas e arbustos.

Nesse período, devido a condições climáticas desfavoráveis, as florestas encontravam-se contraídas em pequenos núcleos, permanecendo restritas aos setores mais úmidos do relevo, como encostas nada ou pouco ensolaradas e depressões de vales fluviais. *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor provavelmente encontrava-se de forma mais expressiva na paisagem do que em tempos atuais, em escarpas rochosas livres de vegetação florestal e bem ensolaradas, tanto em área quanto em populações (mesmo que já podendo estar fragmentadas, mas não de forma tão distanciada como hoje), onde seus habitats poderiam apresentar maior conectividade e fluxo gênico, com alta variabilidade genética.

Também não se descarta a presença de extensos corredores ecológicos, o que facilitaria o fluxo gênico e também a migração de outros elementos botânicos de caráter xerófilo, como espécies do gênero *Dyckia* Schult.f., *Tillandsia* L. (Bromeliaceae), *Cereus* Mill., *Echinopsis* Zucc., *Lepismium* Pfeif. e outras espécies do gênero *Parodia* Speg. (Cactaceae). Ainda nesse mesmo período, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor pode ter se expandido para outras áreas favoráveis, talvez em forma de pulsos, conforme as condições propícias para seu avanço e estabelecimento.

Entre 9 a 8 ka AP, já no Holoceno inferior, o período foi marcado pelo início da elevação da umidade e da temperatura do ar, onde a atmosfera aqueceu-se e tornou o clima frio mais ameno. Apesar do predomínio dos campos, o contingente florestal começou a expandir-se de forma muito moderada a partir de seus núcleos isolados, por meio de itinerários oportunos e de acordo com suas especialidades ecossistêmicas, sobrepondo-se aos poucos na paisagem campestre, em forma de pequenos agrupamentos e iniciando os mosaicos vegetacionais de forma pontual. É possível que nesse período teria ocorrido o auge populacional (climáx) da espécie foco deste estudo, pois o abrandamento do frio e o aquecimento da atmosfera podem ter sido um aspecto impulsionador para os ciclos fenológicos da espécie, que pode ter interferido diretamente de forma favorável no vigor de suas das populações.

Entre o término do Holoceno Inferior e início do Holoceno Médio, há cerca de 7 a 6 ka AP, ainda em processo contínuo de umidificação e elevação da temperatura da atmosfera, teriam ocorrido períodos de seca apresentando uma sazonalidade com cerca de três meses por ano. Nessas condições, iniciou-se a expansão e migração de florestas decíduais para as escarpas

da Serra Geral, onde provavelmente tais elementos começaram, de forma branda, a competir ecologicamente com as populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, iniciando processos de redução e fragmentação das populações. Entre 6 a 5 ka AP, provavelmente prevaleceram as mesmas condições ambientais, sendo que as populações desta cactácea já teriam experimentado um processo mais intenso de disjunções.

Do Holoceno Médio, há cerca de 5 a 4 ka AP, o período foi marcado por uma alteração significativa, onde o clima quente e úmido marcou o início da predominância do contingente florestal na paisagem, sendo favorecido pelo *optimum climaticum* ordenado pelo aumento da temperatura e umidade do ar, resultando na sua ampliação. Também esse período, as escarpas da Serra Geral teriam sido amplamente colonizadas pelas florestas, iniciando o isolamento total e retração das populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor. Dessa forma tais vegetais ficaram confinados em áreas com restrições edáficas e hídricas para o avanço florestal, mas adequadas a vegetação xerofítica, reproduzindo em microespaços ou refúgios condições similares às pretéritas. No período de 3 a 1 ka AP, prevaleceram as mesmas condições climáticas, porém com o significativo aumento na quantidade e frequência das precipitações, o que ocasionou a expansão florestal de forma mais intensa a partir de refúgios ao longo de vales de rios sobre os campos. Durante esse período os vales também foram aprofundados, devido a processos hidrodinâmicos de incisão fluvial.

Do último 1 ka AP até o tempo presente, as condições climáticas atuais tornaram-se mais úmidas em razão da elevada pluviosidade, podendo ser ausente ou de forma breve um período de seca, resultante de fenômenos do tipo El Niño. Esse panorama apresenta talvez o auge da expansão florestal na paisagem local, em contraste das populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, que continuaram persistindo na forma de um enclave de pequena escala na paisagem atual, talvez por suas características microclimáticas serem similares aos seus ambientes do passado.

Em uma inferência mais contemporânea, a espécie dessa cactácea parece estar naturalmente submetida ao declínio populacional, a perda de habitat e possivelmente ao baixo fluxo gênico devido a inaptidão ecológica e climática, em comparação à outras espécies vegetais mais adequadas ao clima vigente. Esses aspectos também foram potencializados pela presença das atividades antrópicas, responsáveis pela descaracterização e degradação ambiental nas suas mais variadas expressões. A representação de tais processos mencionados foram organizados de forma esquemática e sintética no Quadro 4.

Quadro 4 - Proposta hipotética e reconstrutiva da dinâmica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor.

Período	Época	Idade	Panorama Climático		Panorama Vegetacional		<i>Parodia horstii</i> (F. Ritter) N. P. Taylor						
Quaternário Tardio	Pleistoceno Tardio	21 ka AP	Clima marcadamente frio e seco (semi-árido), com curtos períodos úmidos, com cerca de 5-7°C abaixo da temperatura atual	Repetitivas geadas, longos períodos de seca com temperatura máxima do ar inferior a 10°C	Predomínio de formações abertas	Campos secos com a presença de gramíneas e arbustos	Distribuição geográfica em áreas isoladas, porém provavelmente com populações mais expressivas do que as atuais e com maior fluxo e variabilidade genética						
		20 ka AP											
		19 ka AP											
		18 ka AP											
		17 ka AP											
		16 ka AP											
		15 ka AP											
		14 ka AP											
		13 ka AP											
	Holoceno Inferior	9 ka AP	Clima frio e seco com períodos de cerca de três meses ao ano	Início do período úmido, elevação da temperatura do ar (aquecimento atmosférico), precipitações convectivas	Predomínio de formações abertas	Ainda predominam campos, porém inicia-se ocupação de florestas, constituindo os mosaicos	Auge populacional (clímax)						
		8 ka AP											
		7 ka AP											
		Holoceno Médio						6 ka AP	Clima quente e úmido ( <i>optimum climaticum</i> )	Ausência de evidências de fases secas no sul do Brasil devido a atuação de fenômenos do tipo El Niño (elevação da pluviosidade)	Predomínio de formações fechadas (exceto em casos de limitantes edáficos)	Expansão e migração de florestas decíduas para as escarpas da Serra Geral	Início da redução e fragmentação de populações
								5 ka AP					
		Holoceno Superior						4 ka AP	Clima quente e úmido	Ausência de evidências de fases secas no sul do Brasil devido a atuação de fenômenos do tipo El Niño (elevação da pluviosidade)	Predomínio de formações fechadas (exceto em casos de limitantes edáficos)	Expansão florestal a partir de refúgios ao longo de vales de rios sobre os campos	Início do isolamento
3 ka AP													
2 ka AP													
1 ka AP													
	Presente				Auge da expansão florestal	Adição de táxons arbóreos nas formações campestres	Contínua perda de habitat, redução populacional, de variabilidade e de fluxo gênico devido a competição ecológica com espécies mais adequadas ao clima vigente e descaracterização ambiental em razão de atividades antrópicas						

Fonte: Elaborado pelo autor conforme dados disponíveis de Behling et al. (2004, 2005, 2009); Behling e Pillar (2007); Bauermann et al. (2008, 2011), Bolzon e Marchiori (2002); Deble (2011); Jeske-Pieruschka et. al (2010), Jeske-Pieruschka e Behling (2012); Quadros e Pillar (2002), Waechter (2002).

Mesmo com as deduções apresentadas sobre a dinâmica de distribuição fitogeográfica do táxon, por futuro, estudos mais aprofundados baseados na filogeografia e genética molecular poderão preencher e talvez elucidar o tema, com informações mais contundentes e conclusivas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as constatações realizadas *in loco*, dos trezentos pontos amostrados na área de estudo, em apenas vinte e duas localidades foram identificadas populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor. Todas foram encontradas de forma fragmentada e irregular na área transicional do Bioma Pampa e do Bioma Mata Atlântica, em enclaves de pequena escala no Bioma Mata Atlântica, dentro dos limites ou fragmentos da Floresta Estacional Decidual na porção central do Rio Grande do Sul.

A espécie apresenta caráter não dominante na paisagem, com padrão de distribuição irregular e revelando-se um elemento endêmico pertencente a flora do Rio Grande do Sul. Possui estreita vinculação à escarpamentos rochosos bem ensolarados, com orientação solar preferencialmente direcionada para as posições Leste (E), Nordeste (NE), Norte (N), Noroeste (NW) e Oeste (W). Sua maior frequência foi observada em escarpamentos constituídos de rochas vulcânicas, na maior parte das vezes basálticas, porém não ocorrendo exclusivamente nessa litologia. Enfatiza-se que a espécie pode ser considerada uma geoindicadora por seletividade às condições litológicas.

O padrão insular de distribuição parece ser uma das causas relevantes na diferenciação das populações encontradas, que talvez estejam sofrendo processos de diferenciação alopátrica. Essas diferenças também podem caracterizar uma divergência ocorrida de forma mais recente, a partir da fragmentação de suas populações. A realização de estudos voltados a genética de populações pode vir, de forma mais conclusiva, a reconhecer essas formas diferenciadas como espécies bem definidas.

Ao que parece, em tese, sua distribuição foi configurada através da dinâmica de fatores paleoclimatológicos ocorridos no período Quaternário na América do Sul, mais precisamente a partir de 21 ka AP, juntamente com a geomorfologia regional e por aspectos microclimáticos que permitiram a existência da espécie mesmo na vigência de um clima desfavorável para este tipo peculiar de vegetação. O arranjo de condições edáficas, orientação solar, aspectos microclimáticos muito peculiares e influência da relação continentalidade/maritimidade também parecem ser fatores determinantes e responsáveis pela sobrevivência da espécie na paisagem.

Segundo observações realizadas durante os trabalhos de campo, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor apresentou simpátria com outras espécies xerófitas, representadas pelos gêneros *Hippeastrum* Herb. (Amarylidaceae); *Begonia* L. (Begoniaceae); *Dyckia* Schult.f.;

*Tillandsia* L. (Bromeliaceae); *Cereus* Mill., *Echinopsis* Zucc., *Lepismium* Pfeif., *Parodia* Spieg. e *Sinningia* Nees (Gesneriaceae).

No que trata da análise da variabilidade microclimática entre os Pontos I, II e III, para o período de fevereiro a setembro de 2019, pode-se observar algumas discrepâncias e similaridades. O Ponto I possui temperaturas mínimas e máximas mais extremas e assim maior amplitude térmica em relação aos Pontos II e III. Isso se deve pelo fato de sua posição geográfica ser a mais continentalizada em comparação aos demais pontos, ao seu tipo de ambiente, associado uma área campestre com rala vegetação florestal no entorno e em razão da posição da escarpa, com orientação solar favorável a um maior aproveitamento do fotoperíodo diário, mantendo-se mais aquecida por mais tempo que as demais pontos amostrados. Já o Ponto II registrou valores de temperaturas ligeiramente mais amenas em comparação ao Ponto I e III. Além disso, apresentou a umidade relativa do ar mais elevada do que os demais pontos, devido à proximidade de um curso d'água, menor exposição solar diária da escarpa em comparação as demais pontos e influência da densa vegetação florestal do entorno, tais características ambientais que dificultam a presença de valores inferiores da umidade do ar no local.

O Ponto III por sua vez, por se tratar de um morro testemunho com considerável elevação altimétrica em comparação ao Ponto I e II, mostrou sofrer efeitos de inversão térmica no período noturno, corroboradas com os valores de temperaturas ligeiramente mais elevadas que as demais, mensurados na escarpa rochosa no seu topo. Em comparação dos três pontos amostrados, o Ponto III apresentou valores intermediários de temperatura e umidade relativa do ar, o que caracteriza um microclima mais ameno. Observou-se que nos Pontos II e III os valores são mais próximos, com discrepância pouco expressivas. O mesmo pode se dizer quando observa-se a umidade relativa do ar, com menor variação dos valores que apresentam diferenças muito pequenas. Em termos de médias de temperaturas e umidade relativa do ar os pontos I, II e III apresentam aspectos semelhantes, onde suas temperaturas médias máximas foram identificadas no mês de fevereiro e as médias mínimas em junho, enquanto a média máxima da umidade relativa do ar foi identificada no mês de em abril e a sua média mínima encontrada em julho.

De acordo com os dados obtidos nos três pontos de amostragem, é perceptível uma configuração microclimática controlada pela combinação de fatores variáveis como a orientação das vertentes (exposição solar) e a influência da maritimidade e continentalidade, onde ambas são compensadas pela presença de umidade no ar, que pode ser fornecida através da proximidade de um curso d'água, elevação altimétrica (altitude), também como a proximidade do mar, fatores esses quando arrançados, permitem o estabelecimento de um

microclima adequado para a sobrevivência do táxon deste estudo. Dessa forma, ao analisar os dados microclimáticos dos três pontos, é possível observar que mesmo com algumas particularidades, os locais possuem algumas semelhanças ambientais que parecem ser adequadas ao manutenção das populações de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, independente da não uniformidade de cada ponto.

Assim, a variabilidade dos valores da temperatura e da umidade relativa do ar observado entre os três pontos amostrais são importantes indicadores de um padrão comportamental microclimático, porém isolados não explicam a possível variação da ocorrência da espécie entre essas localidades. Esse padrão pode fazer parte de um conjunto de características ambientais que influenciam o desenvolvimento e a ocorrência do táxon. Não descarta-se a hipótese de que essas características microclimáticas identificadas possam ser próximas ou até mesmo similares às exercidas nos ambientes da espécie durante o passado.

De acordo com a hipótese norteadora deste estudo, a distribuição fitogeográfica de *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor, ao que parece, obedece a fatores de ordem geológica (litologia) e geomorfológica (orientação de vertentes). Entretanto, no que diz respeito aos aspectos microclimáticos, não é possível estabelecer uma relação, demandando uma ampla amostragem nas populações não averiguadas, com a finalidade de obter dados complementares que possam identificar essa possível vinculação e assim firmar um parecer mais conclusivo.

Com as atualizações deste trabalho, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor agora apresenta uma distribuição geográfica mais ampla do que apresentada na literatura, com a identificação de novas populações e dessa forma estendendo sua ocorrência em vários quilômetros. Populações intermediárias também foram encontradas entre locais previamente mencionados na literatura, preenchendo lacunas espaciais. De acordo com os dados previamente fornecidos na literatura científica, em adição aos novos registros apresentados nesse trabalho, o conhecimento sobre a distribuição da espécie deste estudo foi consideravelmente ampliado, contribuindo para avaliações e estratégias de conservação que possam ser instauradas futuramente.

Em relação as ameaças identificadas, sugere-se a criação de mais unidades de conservação que contemplem áreas contendo essas populações na intenção de proteger e mitigar tais impactos. Por fim, *Parodia horstii* (F. Ritter) N. P. Taylor é uma preciosidade botânica distribuída na região central do Rio Grande do Sul e pertencente ao patrimônio florístico brasileiro. Esse testemunho de um passado climatológico distinto dos processos atuais confirma-se como uma verdadeira relíquia na paisagem atual, representando um elemento de uma flora que já foi mais ampla em tempos pretéritos.



## REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Notocactus scopae* (Sprengel) Berger ex Backeberg var. *xiphacanthus* Abraham var. nov. **Succulenta**, v. 69, n. 12, p. 256-260, 1987.
- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Notocactus scopae* var. *machadoensis* Abraham var. nov. **Succulenta**, v. 67, n. 4, p. 81-84, 1988a.
- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Notocactus scopae* var. *xicoi* Abraham var. nov. ein nieuwe, Braziliaanse variëteit van *Notocactus scopae*. **Succulenta**, v. 67, n. 5, p. 111-114, 1988b.
- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Notocactus rudibuenekeri* Abraham spec. nov. **Succulenta**, v. 67, n. 6, p. 133-138, 1988c.
- ABRAHAM, W. R. *Wigginsia schaeferiana* Abraham et. Theunissen spec. nov. eine neue flachbeibende Art aus Montevideo. **Internoto**, v. 9, n. 1, p. 21-25, 1988d.
- ABRAHAM, W. R. Erstbeschreibung *Notocactus rubrigemmatum* Abraham. **Kakteen und andere Sukkulanten**, v. 39, n. 2, p. 38-41, 1988e.
- ABRAHAM, W. R. *Notocactus gutierrezii*, ein neuer rotblühender Notocactus aus Brasilien. **Kakteen und andere Sukkulanten**, v. 39, n. 7, p. 150-154, 1988f.
- ABRAHAM, W. R. *Notocactus scopae* var. *marchesii*, eine Stark sprossende Varietät von *Notocactus scopae*. **Kakteen und andere Sukkulanten**, v. 40, n. 7, p. 174-176, 1989.
- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Frailea buenekeri* spec. nov. Abraham. **Succulenta**, v. 69, p. 64-68, 1990a.
- ABRAHAM, W. R. Nieuwbeschrijving *Notocactus linkii* var. *albispinus* var. nov. Abraham. **Succulenta**, v. 69, p. 117-120, 1990b.
- ABRAHAM, W. R.; BÜNEKER, R. W. Erstbeschreibung *Notocactus megapotamicus* var. *multicolorispinus*. **Kakteen und andere Sukkulanten**, v. 43, n. 1, p. 20-22, 1992.
- AB'SÁBER, A. N. Conhecimentos sobre flutuações do Quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, n. 6, p. 41-48, 1957.
- AB'SÁBER, A. N. Problemas Paleogeográficos do Brasil Sudeste. **Boletim Geográfico**, v. 12, p. 394-405, 1959.
- AB'SÁBER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil oriental. **Notícia Geomorfológica**, v. 6, nº 11 p. 59-80, 1966.
- AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia à serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, IBILCE, n. 18, p. 1-23, 1969.

AB'SÁBER, A. N. A organização natural das paisagens inter e subtropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. **Anais do 3º Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: Ed. Blucher, EDUSP, v 3, p. 1-14, 1971.

AB'SÁBER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, v. 3, p. 1-19, 1977a.

AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. **Vegetalia: Escritos e Documentos**, n. 15, p. 1-17, 1977b.

AB'SÁBER, A. N. Os mecanismos da desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Efeitos paleoclimáticos do período Würm-Wisconsin no Brasil**, **Revista Inter-fácies**, n. 4, p. 1-19, 1979.

AB'SÁBER, A. N. Razões da retomada parcial de semi-aridês Holocênica, por ocasião do "Otimum Climaticum": primeiras idéias. **Inter-Fácies**, IBILCE, n. 8, p. 1-13, 1980.

AB'SÁBER, A. N. A teoria dos refúgios: origem e significado. **Revista do Instituto Florestal**. Edição Especial, v. 4, p. 29-34, 1992.

AB'SÁBER, A. N. A revanche dos ventos: derruição de solos areníticos e formação de areais na Campanha Gaúcha. **Ciência & Ambiente**, n. 11, p. 7-31, 1995.

AB'SÁBER, A.N. **Os Domínios de Natureza do Brasil**: Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

AB'SÁBER, A.N. O Paleodeserto de Xique Xique. **Revista Estudos Avançados**, v. 20 n. 56, p. 301-309, 2006.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANCESCHI, G.; MAGLI, ALBERTO. *Parodia turbinata*, (Arechavaletae) Hofacker: a confused taxon. **The Cactus Explorer**, n.6, p. 26-33, 2012.

ANCESCHI, G.; MAGLI, ALBERTO. A synopsis of the genus *Parodia* Spegazzini s.l. (Cactaceae). **Bradleya**, n. 36, p. 70-101, 2018.

ANDERSON E. F. 2001. **The Cactus Family**. Portland, Timber Press, 2001. 776p.

ANDERSON, E. F. **Das große Kakteen-Lexikon**. Stuttgart: Eugen Ulmer KG, 2011. 744 p.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. The Angiosperm Phylogeny Group. An updated of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 181, p. 1095-8339, 2016.

ARAKAKI, M.; CHRISTIN, P. A; NYFFELER, R.; LENDEL, A.; EGGLI, U.; OGBURN, R.M.; SPRIGGS, E.; MOORE, M. J.; EDWARDS, E.J.; Contemporaneous and recent

- radiations of the world's major succulent plant lineages. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, n. 108, p. 8379-8384, 2011.
- BACKEBERG, C. Neue Kakteen aus Brasilien. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 9, p. 149-174, 1949.
- BACKEBERG, C.; WERDERMANN, E. **Neue Kakteen Jagden, Arten und Kultur**. Frankfurt & Berlin: Trowitzche & Sohn, 1931. 109 p.
- BARATTO, J.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Calibração e desempenho do abrigo meteorológico de baixo custo em condições de campo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 441-456, 2020.
- BARNOSKY, A. D. Effects of Quaternary climatic change on speciation in mammals. **Journal of Mammalian Evolution**, v. 12, p. 247-264, 2005.
- BARTHLOTT, W.; BURSTEDDE, K.; GEFFERT, J. L.; IBISCH, P. L.; KOROTKOVA, N.; MIEBACH, A.; RAFIQPOOR, M. D.; STEIN, A.; MUTKE, J. Biogeography and Biodiversity of Cacti. **Schumannia** 7. Oldenburg: Universität Oldenburg, 2015. 205 p.
- BARTHLOTT, W.; HUNT, D. R. Cactaceae. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. **The families and genera of vascular plants**. New York: Springer, v. 2, p.161-197, 1993.
- BARTHLOTT, W.; TAYLOR, N. P. Notes towards a monograph of Rhipsalideae (Cactaceae). **Bradleya**, n. 13, p. 43-79, 1995.
- BAUER, D; WAECHTER, J. L. Sinopse taxonômica de Cactaceae epifíticas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v 20, n. 1, p. 225-239, 2006.
- BAUERMANN, S. G; BEHLING, H.; PILLAR, V. Paleoambientes do Cone sul da América do Sul. **Ciência & Ambiente**, UFSM, n. 42, p. 5-14, 2011.
- BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V. P.; NEVES, P. C. P. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário tardio do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.11, n.2, p. 87-96, 2008.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v. 99, p. 143-156, 1998.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.P. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 243-251, 2007.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal, and multivariate analysis of São Francisco de Assis core, in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 133, p. 235- 248, 2005.

BEHLING, H.; PILLAR, V. P.; ORLÓCI, I.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grasslands (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. **Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 203, p. 277-297, 2004.

BEHLING, H.; JESKE-PIERUSCHKA; SCHÜLLER, L.; PILLAR, V. P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A.V.A. **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 1, p. 13-25

BENNETT, K. D.; PROVAN, J. What do we mean by „refugia“? **Quaternary Science Reviews**, v. 27, p. 2449-2455, 2008.

BENSON, L. **Plant Classification**. 2 ed. DC Heath and Company, Lexington, 1979. 688 p.

BERGNER, S. Erweiterung des *N. laetvirens* um die Forma *densispinus* Bergner forma nova. **Internoto**, v. 14, n. 1, p. 3-12, 1993.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul - aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110 p.

BIGARELLA, J. J. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **Boletim paranaense de Geografia**, UFPR, v.10, nº 5, p. 211-231, 1964.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das Paisagens tropicais e subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 425 p. v.1

BIGARELLA, J. J; PASSOS, E.; HERRMANN, M. L. P.; SANTOS, G. F.; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K.; **Estrutura e origem das Paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. 552 p. v. 3

BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V.A. **Campos Sulinos: conservação sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 4, p. 63-77.

BOLZON, R. T.; MARCHIORI, J. N. C. A vegetação no sul da América - perspectiva paleoflorística. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 5-24, 2002.

BONATELLI, I. A. S.; PEREZ, M. F.; PETERSON, A. T.; TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C.; MACHADO, M. C.; KOCH, I.; PIRES, A. H. C.; MORAES, E. M. Interglacial microrefugia and diversification of a cactus species complex: phylogeography and palaeodistributional reconstructions for *Pilosocereus aurisetus* and allies. **Molecular Ecology**, n. 23, p. 3044-3063, 2014.

BORTOLUZZI, C. A. Contribuição à geologia da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v.4, n.1, p. 7-86, 1974.

BRANDT, F. H. Die Gliederung der Gattung *Parodia* Spegazzini. **Kakteen und Orchideen Rundschaun**, n.7, v. 4, p 52-64, 1982.

- BRAUN, P. Erstbeschreibung *Notocactus graessneri* fa. *microdasys*. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 37, n. 3, p. 57. 1986.
- BREDEROO, A.; THEUNISSEN, J. *Notocactus linkii* (Lehmann) Herter var. *flavispinus* Buining et Brederoo var. nov. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 29, n.2 p. 25-27, 1978.
- BRITTON; N. L. & ROSE, J. N. **The Cactaceae**. v. 3 Washington: The Carnegie Institution 1922. 255p.
- BROWN, K. S. J. Paleocology and regional patterns of evolution in Neotropical forest butterflies. In: PRANCE, G. T. (Ed.). **Biological Diversification in the Tropics**. New York: Columbia University Press, p. 255-308, 1982.
- BROWN JR., K. S.; AB'SABER, A. N. Ice-Age forest refuges and evolution on the Neotropics: Correlation of paleoclimatological, geomorphological and pedological data with modern biological endemism. **Paleoclimas**, IDEOG - USP, n. 5, p. 1-30, 1979.
- BRUXEL, J.; JASPER, A. A Família Cactaceae na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 19, v. 1, p. 71-79, 2005.
- BUINING, A. F. H. *Parodia buenekeri*. **Succulenta**, v. 41, n. 8, p. 99, 1962.
- BUINING, A. F. H. *Notocactus rechensis* Buining, spec. nov. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 19, n.2, p. 23-24, 1968a.
- BUINING, A. F. H. *N. uebelmannianus* spec. nova. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 19, n. 9, p. 175-176, 1968b.
- BUINING, A. F. H. *Gymnocalycium horstii* spec. nov. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 21, n.9 5, p. 162-165 1970a.
- BUINING. A. F.H. *Notocactus purpureus* Ritter. **Succulenta**, n. 49, v.10, p. 146, 1970b.
- BUINING, A. F. H. New *Notocactus* from Uruguai *Notocactus pseudoherteri* Buining sp. nov. **National Cactus & Succulent Journal**, v. 26, n. 1, p. 2-3, 1971.
- BUINING, A. F. H.; BREDEROO, A. J. *Frailea curvispina* Buining et Brederoo spec. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIe, 1972a
- BUINING, A. F. H.; BREDEROO, A. J. *Frailea mammifera* Buining et Brederoo spec. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIe, 1972b.
- BUINING, A. F. H.; BREDEROO, A. J. *Notocactus oxycostatus* Buining et Brederoo sp. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIc, 1972c.
- BUINING, A. F. H.; BREDEROO, A. J. *Frailea deminuta* Buining et Brederoo spec. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIe, 1973a.
- BUINING, A. F. H.; BREDEROO, A. J. *Frailea lepida* Buining et Brederoo spec. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIe, 1973b.

BUINING, A. F. H; BREDEROO, A. J. *Notocactus multicosatus* Buining et Brederoo sp. nov. In: KRAINZ, H. (Ed.) **Die Kakteen**. Stuttgart: Franck'sche Verlagshandlung, CVIc, 1973c.

BUINING, A. F. H; BREDEROO, A. J. *Frailea fulviseta* Buining et Brederoo spec. nov. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 24. N.8, p. 170-172, 1973d.

BUINING, A. F. H; BREDEROO, A. J. *Frailea aureinitens* Buining et Brederoo spec. nova. **Succulenta**, v. 55, n. 4, p. 62-65, 1976.

BUXBAUM, F. *Notocactus* subgen. *Malacocarpus buiningii* spec. nova. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 19, n. 12, p. 229-231, 1968.

CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografia de America Latina**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), 1973. 120 p.

CANCELLI, R. R.; MENEZES, I. C.; SOUZA, P. A. Morfologia polínica de espécies epífitas de *Cactaceae* Juss. do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, n. 72, v. 2, p. 181-189, 2017.

CARGNIN, A. P. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEPLAN, 2008. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

CARNEIRO, A.M., FARIAS-SINGER, R., RAMOS, R.A. & NILSON, A.D. **Cactos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016. 224 p.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. *Parodia horstii*. 2012. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Parodia horstii](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Parodia%20horstii)>. Acesso em: 11 jun. 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Mapa geológico do Rio Grande do Sul. Downloads. Escala 1:750.000. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, RIO GRANDE DO SUL. Decreto estadual CONSEMA n. 42.099 de 31 de dezembro de 2002. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no estado do Rio Grande do Sul e da outras providências, Palácio Piratini, Porto Alegre, 2002.

CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA. . **Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e Flora**. Disponível em:<<http://www.cites.org/eng/disc/what.php>>. Acesso em: 20 de jan. 2019.

COTA-SÁNCHEZ, J. H.; BOMFIM-PATRÍCIO, M. Seed morphology, polyploidy and the evolutionary history of the epiphytic cactus *Rhypsalis baccifera* (Cactaceae). **Polibotânica**, n. 29, p. 107-129, 2010.

- CRISCI, J. V. The voice of historical biogeography. **Journal of Biogeography**, n. 28, 157-168, 2001.
- CRISCI, J. V.; KATINAS, L.; POSADAS, P. **Historical biogeography**, an introduction. Cambridge, Harvad University Press, 2003. 250 p.
- CULLMANN, W. *Brasilicactus graessneri* K. Schum. var. *albiseta* Cullm. var. *nova*. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 6, n.1 p. 105, 1955.
- DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Solos do município de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, n. 38, p. 59-78, 2009.
- DAMUTH, J. E.; FAIRBRIDGE, R. W. Equatorial atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America. **Geological Society of America Bulletin**, v. 81, n. 1, p. 189-206, 1970.
- DAU, L.; LABOURIAU, L.G. Temperature control of seed germination in *Pereskia aculeata* Mill. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 46, p. 311-322, 1974.
- DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. In: **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 45-60, 1992.
- DEBLE, L. A vegetação campestre no Bioma Pampa. In: DEBLE, L. P. ; OLIVEIRA DEBLE, A. S. O.; LEÃO, A. L. S. (Orgs.). **O Bioma Pampa: contribuições científicas**. Bagé: Ediurcamp, 2011. p. 84-143
- DEUTSCHE KAKTEEN GESELLSCHAFT. **Die Ritter Tagebücher**. Adelsdorf: Deutsche Kakteen-Gesellschaft eV, 2017. Disponível em: < <https://www.dkg.eu/cs/index.pl?navid=1330>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- DOWELD, A. B. *Ritterocactus* & *Peronocactus*: new generic segregates from polyphyletic *Notocactus* (Notocactaceae - Cactaceae). I. Formal taxonomy and classification. **Sukkulenty**, p. 20-25, 1999.
- EDWARDS, E. J.; DIAZ, M. Ecological physiology of *Pereskia guamacho*, a cactus with leaves. **Plant, Cell, and Environment**, n. 29, p. 247-256, 2006.
- EDWARDS, E. J; NYFFELER, R.; DONOGHUE, M. M. Basal cactus phylogeny: implications of *Pereskia* (Cactaceae) paraphyly for the transition to the cactus life form. **American Journal of Botany**, v. 92, n.7, p. 1177-1188, 2005.
- EGGLI, U.; HOFACKER, A. Validation of the Name *Parodia lenninghausii* (Cactaceae), with a note on the lectotypification and orthography of the name. **Novon**, v. 20, n.1, p.30-32, 2010.
- EGGLI, U.; MACHADO, M.; NYFFELER, R. Nomenclatural note in the subgenera of *Parodia* (Cactaceae - Cactoideae). **Taxon**, v. 57, n.3, p. 985-988, 2008.
- EGGLI, U.; SCHICK, M. M.; LEUENBERGER, B. E. Cactaceae of South America: The Ritter Collections. **Englera 16**. Berlin-Dahlem, p.1-646, 1995.

ENGEL, T. Samen-Beschreibung: *Notocactus horstii* F. Ritter HU 17, *Notocactus muegelianus* n. n. HU 82. **Internoto**, n. 9, v. 4, p 118-124, 1988.

FÖRSTER, C. F.; RÜMPLER, K. T. **Handbuch der Kakteenkunde 2**. Leipzig: 1886. p. 563-564

FILGUEIRAS, T. S. et al. Método de Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativo. **Caderno de Geociências**, n. 12, p. 39-44, 1994.

FLORA DO BRASIL 2020. Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

FRANCO, F. F.; JOJIMA, C. L.; PEREZ, M. F.; ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. P.; MORAES, E. M. The xeric side of the Brazilian Atlantic Forest: The forces shaping phylogeographic structure of cacti. **Ecology and Evolution**, n. 7, p. 9281-9293, 2017a.

FRANCO, F. F.; SILVA, G. A. R.; MORAES, E. M.; TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C.; JOJIMA, C. L.; MACHADO, M. C. Plio-Pleistocene diversification of *Cereus* (Cactaceae, Cereeae) and closely allied genera. *Botanical Journal of the Linnean Society*, n. 183, p. 199-210, 2017b.

FUNDAÇÃO ZOOBOTANICA DO RIO GRANDE DO SUL. Táxons da flora nativa do Estado Rio Grande do Sul ameaçadas de extinção. 2014. Disponível em: [http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20141208161010anexo\\_i\\_taxons\\_da\\_flora\\_nativa\\_do\\_estado\\_rio\\_grande\\_do\\_sul\\_ameacadas\\_de\\_extincao\\_1\\_.pdf](http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20141208161010anexo_i_taxons_da_flora_nativa_do_estado_rio_grande_do_sul_ameacadas_de_extincao_1_.pdf). Acesso em: 21 mar. 2019.

GERLOFF, N. *Notocactus scopae* (Sprengel) Berger ex Backeberg var. *cobrensis* Gerloff var. *nova* - Ein Kurzdornig, gruppenbildende Varietät des *Notocactus scopae*. **Internoto**, v. 11, n. 1, p. 3-9, 1990a.

GERLOFF, N. *Notocactus incomptus* Gerloff spec. nova. **Internoto**, v. 11, n. 2-3, p. 37-41, 1990b.

GERLOFF, N. *Notocactus glomeratus* Gerloff spec. nova. **Internoto**, v. 12, n. 1, p. 3-10, 1991.

GERLOFF, N. *Notocactus langsdorffii* fa. *eddiewarasii* Gerloff. **Minimus**, v. 25, n. 2, p. 5-12, 1994.

GERLOFF, N. *Notocactus neohorstii* (F. Ritter) Theun. var. *prestlei* N. Gerloff var. nova. **Internoto**, v. 16, n. 1, p. 3-17, 1995.

GERLOFF, N. *Notocactus arachnitis* v. *minor* Ritter forma *darilhoensis* fa. nova Gerloff. **Internoto**, v. 18, n. 4, p. 119-127, 1997.

GERLOFF, N.; KÖNINGS, G. *Notocactus uebelmannianus* Buining var. *pleiocephalus* Gerloff et Könings var. *nova* - Eine vielköpfige Varietät des *Notocactus uebelmannianus* aus Rio Grande do Sul (Brasilien). **Internoto**, v. 13, n. 4, p. 103-112, 1992.

- GERLOFF, N. & NEDUCHAL, J. Taxonomische Neubearbeitung der Gattung *Notocactus* Frič. **Internoto**, v. 25, 2004. 128 p.
- GERLOFF, N; NEDUCHAL, J. STUHLÍK, S. **Notokakteen - Gesamtdarstellung aller Notokakteen**. Kveten-Verlag, 1995. 208 p.
- GERLOFF, N; NILSON, A. D. *Notocactus calvescens* N. Gerloff et A. D. Nilson spec. nova. **Internoto**, v. 14, n. 5, p. 75-83, 1994.
- GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. **The cactus primer**. Cambridge, Harvard University Press, 1986. 286 p.
- GLAETZLE, W.; PRESTLÉ, K. H. Seed-morphology of the genus *Notocactus*. **Bradleya**, n. 4, p.79-96, 1986.
- GOEBEL, K. **Pflanzen biologische Schilderungen**. v.1. Marburg, Elwert'sche Verlagsbuchhandlung, 1889. 239 p.
- GOETTSCHE, B.; et al. High proportion of cactus species threatened with extinction. **Nature Plants**, n. 99, p. 1-7, 2015.
- GOETTSCHE, B.; DURÁN, A. P.; GASTON, K. J. Global gap analysis of cactus species and priority sites for their conservation. **Conservation Biology**, v. 33, n. 2, 369-376 2019.
- GOETTSCHE, B.; HERNÁNDEZ, H. M. Beta diversity and similarity among cactus assemblages in the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments*. **Journal of Arid Environments**, n. 65, p. 513-528, 2006.
- GRAHAM, R.W. Response of mammalian communities to environmental changes during the late Quaternary. In: DIAMOND, J.; CASE, T.J. (Ed.). **Community Ecology**, New York: Harper & Row, 1986. p. 300-313.
- HAAGE, W. *Parodia brevipilata* W. Haage. In: BACKERBERG, C. **Descriptiones Cactacearum Novarum**. Jena: Fischer, v.1, 1956. p. 31
- HAFNER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, Washington: n. 165, p. 131-137, 1969.
- HAFNER, J. **Avian speciation in tropical South America**. Publication of the Nuttall Ornithological Club, v. 14, p. 1-390, 1974.
- HAFNER, J. General aspects of the refuge theory. In: PRANCE, G. T. (Org.). **Biological diversification in the tropics**. Nova York: Universidade de Columbia, 1982. p. 6-24.
- HAFNER, J. Quaternary history of tropical America. In: WHITMORE, T. C.; PRANCE, G. T. (Ed.). **Biogeography and Quaternary history in tropical America**. Oxford: Clarendon Press, 1987. p. 1-18.
- HAFNER, J. Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia. **Brazilian Journal of Biology**, n. 68, p. 917-947, 2008.

HAFER, J.; PRANCE, G. T. Climatic forcing of evolution in Amazonia during the Cenozoic: on the Refuge Theory of biotic differentiation. **Amazoniana**, v. 16, p. 579-607, 2002.

HAMBLER, D.J. The vegetation of granitic outcrops in western Nigeria. **Journal of Ecology**, n. 52, p. 573-594, 1964.

HAUCK, P. A. **Cerrados, campos e araucárias**: a teoria dos refúgios florestais e o significado paleogeográfico da paisagem do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná. 2009. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

HAVLICEK, R. *N. mammulosus* (Lem.) Berg. var. *brasiliensis* Havlicek. var nova. **Kaktusy**, v. 16, n. 1, p. 5-7, 1980.

HERM, K. Die Pflanzengruppe um *Notocactus horstii* F. Ritter. **Internoto**, n. 11, v. 2/3, p. 64-67, 1990.

HERM, K. *Notocactus horstii* F. Ritter und Verwandte. **Internoto**, n.14, v. 2, p. 59-64, 1993.

HERM, K; HOFACKER, A. CHARLES, G; VAN HECK, W; BOHLE, B; STECKER, W; HEIMEN, G. **Kakteen in Brasilien**. Hügelsheim, 2000. 176 p.

HERNÁNDEZ, H. M.; GOETTSCHE, B.; GÓMEZ-HINOSTROSA, C.; ARITA, H. T. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect in the Chihuahuan Desert Region. **Biodiversity and Conservation**, n. 17, 703-720, 2008.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T.; BROWN, J. W.; SCHLUMPBERGER, B.O.; EGUIARTE, L. E.; MAGALLÓN, S. Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. **New Phytologist**, n. 202, p. 1382-1397, 2014.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T.; HERNÁNDEZ, H. M.; DE-NOVA, J.A; PUENTE, R.; EGUIARTE, L. E.; MAGALLÓN, S. Phylogenetics relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). **American Journal Botany**, n. 98, p. 44-61, 2011.

HERSHKOVITZ, M. A.; ZIMMER, E.A. On the evolutionary origins of the cacti. **Taxon**, n. 46: p. 217-232, 1997.

HERTER, W. G; RAMBO, B. Nas pegadas dos naturalistas Sellow e Saint-Hilaire. **Revista Sudamericana de Botânica**, v. 10, n. 2, p.61-98, 1951.

HOFACKER, A. Further nomenclatural adjustments in *Frailea* and *Parodia*. **Cactaceae Consensus Initiatives**, n. 6, p.11-12, 1998.

HOFACKER, A. Distribution records for various *Parodia* taxa: some corrections and additions. **Cactaceae Systematics Initiatives**, n. 10, p. 12, 2000.

HOFACKER, A. Some notes on *Wigginsia corynodes*. **The Cactus Explorer**, n. 4, p.26-34, 2012.

HOFACKER, A. **Notokakteen - von *Acanthocephala* bis *Wigginsia*. Adelsdorf: Deutsche Kakteen-Gesellschaft, 2013. 144**

HOFACKER, A.; BRAUN, P. J. Nomenclatural adjustments in *Parodia*. In: **Cactaceae Consensus Initiatives**, n. 6, p. 10, 1998.

HOFACKER, A.; HERM, K. *Notocactus minusculus spec. nov.* **Internoto**, v. 17, n. 3, p. 75-79, 1996.

HOFACKER, A.; HERM, K. *Frailea buenekeri* subsp. *densispina* Hofacker & Herm subsp. nov. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 48, n. 3, p. 61-63, 1997.

HOFACKER, A.; MACHADO, M. Notwendig Neukombinationen in *Parodia*. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 63, n. 2, p. 43-46, 2012.

HOLZ, M. **Do mar ao deserto: a evolução no Rio Grande do Sul no tempo geológico**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 143 p.

HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, v. 37, p. 132-137, 2015.

HOXEY, P. High Altitude Cacti. How high they can grow? **The Cactus Explorers**, n. 16, p. 21-27, 2016.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Polígono, Ed. Universidade de Brasília, 1972. 466 p.

HUTCHINSON J. **The families of flowering plants**. 3 ed. Oxford, Clarendon Press. 1973. 988 p.

HUNT, D. R. New names and combinations in various genera. **Cactaceae Consensus Initiatives**, n. 5, p. 5-10, 1997.

HUNT, D. R. **CITES Cactaceae Checklist**. 2 ed. Kew: Royal Botanic Gardens 1999. 315 p.

HUNT, D. R. **Cites Cactaceae Checklist**. 3 ed. Kew, Royal Botanic Gardens, 2016. 175 p. Disponível em: <[https://www.kew.org/sites/default/files/CITES%20Cactaceae%20Checklist\\_CCC3\\_170629.pdf](https://www.kew.org/sites/default/files/CITES%20Cactaceae%20Checklist_CCC3_170629.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2019.

HUNT, D. R.; TAYLOR, N. New and unfamiliar names of Cactaceae to be used in the European Garden Flora. **Bradleya**, Richmond, n. 5, p. 91-94, 1987.

HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. (eds). **The New Cactus Lexicon**. Text. Milborne Port: Dh Books, 2006. 373 p.

HUNT, D. R.; TAYLOR, N. P.; CHARLES, G. (eds). **The New Cactus Lexicon**. Illustrations. Milborne Port: Dh Books, 2013. 527 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico Uso da Terra. **Manuais técnicos em Geociências**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, n.7, 2013. 171 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. 1 mapa, color. Escala 1: 5.000.000. IBGE, 2004. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?edicao=16060&t=downloads>>. Acesso em: 19 de mar. de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normais climatológicas do Brasil 1961 - 1990**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em 21 mar. 2019.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2016-2. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

JACINTO, D. G; OLIVEIRA DEBLE, A. S. Levantamento das cactáceas no Cerro do Graxaim, Dom Pedrito RS. In: OLIVEIRA DEBLE, A. S, DEBLE, L. P; LEÃO, A.L.S (Orgs.) **O Bioma Pampa: ambiente X sociedade**. Bagé: Ediurcamp, 2012. p. 160-171.

JACKSON, J. F. Differentiation in the genera *Enyalius* and *Strobilurus* (Iguanidae): implications for Pleistocene climatic changes in eastern Brazil. **Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo**, v. 30, p. 1-79, 1978.

JESKE-PIERUSCHKA, V.; BEHLING, H. Palaeoenvironmental history of the São Francisco de Paula region in southern Brazil during the late Quaternary inferred from the Rincão das Cabritas core. **The Holocene**. n.22, p. 1251-1562., 2012.

JESKE-PIERUSCHKA, V.; FIDELIS, A., BERGAMIN, R.S.; VÉLEZ, E.; BEHLING, H. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 160, p. 53-65, 2010.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. C. A.; FRANCO, M. S.M. **Geomorfologia**. In: Folha. SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH .21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: v. 33, IBGE, 1986. p. 313-404

KERN, A. A. Paleopaisagens e povoamento pré-histórico do Rio Grande do Sul. **Estudos ibero-americanos**, v. 8, n. 2, p. 153-208, 1982.

KIESLING, R. Argentine notocacti of the genus *Parodia*. **Cactus and Succulent Journal (U.S.)**, n. 67, p. 14-22, 1995.

KLAK, C.; REEVES, G.; HEDDERSON, T. Unmatched tempo of evolution in Southern African semi-desert ice plants. **Nature**, n. 42, p. 63-65, 2004.

KLEIN, R. M. Der küstenwald in Rio Grande do Sul (Südbrasilien). **Pesquisas**, n.14, p.5-39, 1961.

KLEIN, R. M. Southern Brazilian Phytogeographic features and the probable influence of upper Quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 33, p. 67-88, 1975.

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, n. 36, p. 5-54, 1984.

KOCH, C. E. Erstbeschreibung *Notocactus vilanovenssis spec. nov.* **Internoto**, v. 24, n. 2, p. 13-20, 2003.

KÖHLER, M.; ESSER, L. F.; FONT, F.; SOUZA-CHIES, T. T.; MAJURE, L. C. Beyond endemism, expanding conservation efforts: a relictual Pleistocene distribution and first report of the prickly pear cactus, *Opuntia bonaerensis*, in Brazil and Uruguay. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 45, p. 1-48, 2020.

KÖHLER, M.; FONT, F.; SOUZA-CHIES, T. T. First record of *Opuntia rioplatense* (Cactaceae) for the Brazilian Flora. **Phytotaxa**, v. 379, n. 4, p. 293 -296, 2019.

KÖNINGS, G. *Notocactus uebelmannianus* Buining var. *nilsonii* Könings var. nov - Eine neue Varietät aus Rio Grande do Sul/ Brasilien. **Internoto**, v. 11, n. 4, p. 119-124, 1990.

KÖPPEN, W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, Vorzugweise nach ihren Beziehungen zer Pflanzenwelt. **Gegraphische. Zeitschrift**, n. 6, p. 657-679, 1900.

KOROTKOVA, N. Phylogeny and evolution of the epiphytic Rhipsalideae. **Tese de Doutorado**. Universität Bonn, Moskau. 2011, 190 p.

LAROCCA, J. **Cactáceas em paredões rochosos da Serra Geral do Rio Grande do Sul: uma abordagem fitogeográfica**. 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1998.

LAROCCA, J.; MACHADO, M. *Parodia horstii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T152444A637431. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T152444A637431.en.>> Acesso em: 11 jun. 2021.

LEHMANN, J. G. C. **Semina in horto botanico Hamburgensi 1826 collecta quae pro mutua commutatione offeruntur**. Hamburg: p. 17, 1826.

LEHMANN, J. G. C. **Semina in horto botanico Hamburgensi 1827 collecta quae pro mutua commutatione offeruntur**. Hamburg: p. 16, 1827.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, UFSM, n. 24, p. 51-73, 2002.

LEMAIRE, C. **Cactearum aliquot novarum ac insuetarum in Horto monvilliano culturarum accurata descriptio**. Paris: F. G. Levrault, p. 20-40, 1838.

LEMAIRE, C. **Cactearum genera nova speciesque novæ et omnium in Horto monvilliano culturarum ex affinitatibus naturalibus ordinatio nova indexque methodicus**. Paris: Guiraudet & Jouaust, p. 24-25, 1839.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 6 ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1975. 360 p.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, n. 1, p. 1-14, 1971.

LINDMAN, C.A.M. **A vegetação do Rio Grande do Sul (Brasil Austral)**. Porto Alegre: Livraria Universal de Echenique Irmãos & Cia. 1906. 356 p.

LINK, J. H. F.; OTTO, F. Über die Gattungen *Melocactus* und *Echinocactus*, nebst Beschreibung und Abbildung der im Königl. Botansichen Garten bei Berlin befindlichen Arten. In: **Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den Königlich Preussischen Staaten**. Band 3. 1827. P. p. 412-429

LINK, J. H. F & OTTO, F. **Icones Plantarum Rariorum Horti Regii Botanici Berolinensis cum descriptionibus et colendi ratione 2**. Berlin: Oehmigke, p. 17-18, 1828a.

LINK, J. H. F & OTTO, F. **Icones Plantarum Rariorum Horti Regii Botanici Berolinensis cum descriptionibus et colendi ratione 2**. Berlin: Oehmigke. p. 29, 1828b.

LINK, J. H. F.; OTTO, F. Ueber eine neue Cactus-Art, *Echinocactus oxygonus* Link. **Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den Königlich Preussischen Staaten**, v. 6, p. 419-424, 1830.

LISAL, K; KOLARIK, J. Erstbeschreibung *N. arnostianus* Lisal et Kolarik spec. nov. **Internoto**, v. 7, n.1, p. 4-5, 1986a.

LISAL, K; KOLARIK, J. Erstbeschreibung *N. ritterianus* Lisal et Kolarik spec. nov. **Internoto**, v.7, n.1, p. 6-19, 1986b.

LODÉ, J. **Taxonomy of the Cactaceae**: a new classification of cacti based on molecular research and fully explained. Acanthocalycium – Lymanbensonia – Volume 1. Cuevas del Almanzora: Editions Cactus-Adventures, 2015. 661 p.

LORSCHUITTER, M. L. Paleoambientes do sul do Brasil no Quaternário através da palinologia: revisão dos resultados obtidos. **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências II**, p. 197-199, 1997.

LÜTTGE, U. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). **Annals of Botany**, n. 93, p. 629-652, 2004.

MACE, T. **Notocactus** - a review of the genus incorporating *Brasilicactus*, *Eriocactus* and *Wigginsia*. National Cactus Succulent Society, 1975. 85 p.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91 p.

MACHADO, M. C. Fascinating Frailea, Part 1: General impressions. **Cactus World - British Cactus & Succulent Society**, v. 25, n. 1, 2007a.

MACHADO, M. C. Fascinating Frailea, Part 2: Review of the species from Rio Grande do Sul. **Cactus World - British Cactus & Succulent Society**, v. 25, n. 2, 2007b.

MACHADO, M.; NYFFELER, R.; EGGLI, U.; SILVA, J. F. L. A new species of *Parodia* (Cactaceae, Notocactaceae) from Rio Grande do Sul, Brazil. **Novon**, n.18, 214-219, 2008.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1990. 21 p.

MAGALLON, S.; GOMEZ-ACEVEDO, S.; SANCHEZ-REYES L. L.; HERNANDEZ-HERNANDEZ, T. A metacalibrated time-tree documents the early rise of flowering plant phylogenetic diversity. **New Phytologist**, 207, p. 437-453, 2015.

MANHART, J. R.; RETTIG, J. H. Gene sequence data. In: BEHNKE, H. D.; MABRY, T. J. **Caryophyllales**. Berlin & Heidelberg: Springer, 1994. p. 235-246

MARCHIORI, J. N. C. Areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul: elementos para uma história natural. **Ciência & Ambiente**, Ed. da UFSM: v. 3, n. 5, p. 65-96, 1992.

MARCHIORI, J. N. C. Vegetação e areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência & Ambiente**, Ed. da UFSM: v. 5, n. 11, p. 81-92, 1995.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: Enfoque histórico e sistemas de classificação. Porto Alegre: EST edições, 2002. 118 p.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: Campos Sulinos. Porto Alegre: EST edições, 2004. 110 p.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: Embasamento florístico. Porto Alegre: EST edições, 2006. 40 p.

MARCHIORI, J. N. C.; ALVES, F. S. Campos de areia e silvicultura no oeste do RS: enfoque fitogeográfico. **Balduínia**, Santa Maria: n. 23, p. 01-20, 2010.

METZING, D.; KIESLING, R. The study of cactus evolution: The pre-DNA era. **Haseltonia**, n. 14, p. 6-25, 2008.

MAUSETH, J. D. Continental drift, climate and the evolution of cacti. **Cactus and Succulent Journal**, n. 62, p. 302-308, 1990.

MAUSETH, J. D. Theoretical aspects of surface-to-volume ratios and water storage capacities of succulent shoots. **American Journal of Botany**, n. 87, p. 1107-1115, 2000.

- MEIRELLES, S.T.; PIVELLO, V.R.; JOLY, C.A. 1999. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, n. 26, p. 10-20, 1999.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Textos: São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.
- MIHALTE, L.; FESZT, G.; BACIU, A.; VILCAN, A. Phylogenetic distances among several genotypes of *Rebutia*, *Mediolobivia* and *Sulcorebutia* (Cactaceae). **International Journal of Botany**, v.6, n. 3, p. 266-272, 2010.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 255 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- MILANI, E. J.; RAMOS, V.A. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 28, n. 4, p. 473 – 484, 1998.
- MONTEIRO, C. A. F. O clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). **Geografia do Brasil, Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117-169.
- MONTEIRO, C. A. F. **A Geografia no Brasil (1934-1977): avaliação e tendência**. Série Teses e Monografias. São Paulo: n. 37, Instituto de Geografia, 1980. 158 p.
- MONVILLE, H. B. **L'Horticulteur universel, journal général des jardiniers et amateurs, présentant l'analyse raisonnée des travaux horticoles français et étrangers**. Paris: Cousin, vol. 1, p. 222–223, 1839.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- MUELLER, P. **Biogeographie und Raumbewertung**. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgemeinschaft, 1977. 164 p.
- MUTKE, J. Cactus ecology and biogeography. In: BARTHLOTT, W.; BURSTEDDE, GEFFERT, K.; IBISH, P. L.; KOROTKOVA, N.; MIEBACH, A.; RAFIQPOOR, M. D.; STEIN, A.; MUTKE, J. (eds) **Biogeography and biodiversity of cacti**, vol. 7, 2015. cap. 2 p. 13-16
- MUTKE, J., BURSTEDDE, K., GEFFERT, J. L., MIEBACH, A., RAFIQPOOR, M. D., SATEIN, A., BARTHLOTT, W. Mapping the diversity of cacti. In: BARTHLOTT, W.; BURSTEDDE, GEFFERT, K.; IBISH, P. L.; KOROTKOVA, N.; MIEBACH, A.; RAFIQPOOR, M. D.; STEIN, A.; MUTKE, J. (eds) **Biogeography and biodiversity of cacti**, vol. 7, 2015. cap. 4 p. 30-36
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 1979. 421 p.
- NOBEL, P. S. **Environmental biology of agaves and cacti**. New York: Cambridge University Press, 1988. 270 p.

NYFFELER, R. *Notocactus* versus *Parodia* - the search for a generic classification of the subtribe Notocactinae. **Cactaceae Consensus Initiatives**, n.7, p.6-8, 1999.

NYFFELER, R. Phylogenetic relationships in the Cactus Family (Cactaceae) based on evidence from *trnK/matK* and *trnL-trnF* sequences. **American Journal of Botany**, n. 89, p. 312-326, 2002.

NYFFELER, R. The closest relatives of Cacti: insights from phylogenetic analyses of chloroplast and mitochondrial sequences with special emphasis on relationships in the tribe Anacampteroideae. **American Journal of Botany**, v. 94, n.1, p. 89-101. 2007.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. *Parodia allosiphon* (Marchesi) N. P. Taylor (Cactaceae - Cactoideae - a cladistically basal species with a restricted distribution range (Notes towards a checklist of Cactaceae of Uruguay, 2). **Bradleya**, n. 25, p. 37-44, 2007.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. A farwell to dated ideas and concepts - molecular phylogenetics and a revised suprageneric classification of the family Cactaceae. **Schumannia** 6, p. 109 -149, 2010.

NYFFELER, R.; MACHADO, M.; EGGLI, U. Nomenclatural note on the subgenera of *Parodia* (Cactaceae - Cactoideae). **Taxon**, v. 57, n. 3, p. 985-988, 2008.

OCAMPO, G.; COLUMBUS, J. T. Molecular phylogenetics of suborder Cactineae (Caryophyllales), including insights into photosynthetic diversification and historical biogeography. **American Journal of Botany**, v. 97, n. 11, p. 1827-1847, 2010.

OLIVEIRA DEBLE, A. S. A família Cactaceae Juss. No Bioma Pampa - Checklist, distribuição geográfica e status de conservação. In: DEBLE, L; OLIVEIRA DEBLE, A. S; LEÃO, A.L.S (Orgs.). **O Bioma Pampa - contribuições científicas**. Bagé: Ediurcamp, 2011. p. 43-71.

OSCAR JR., A. C. S. Noções teóricas complementares à questão climática atual: discutindo hierarquia, escala e variabilidade. **Revistas Geografias**, p. 108-121, 2012.

OSTEN, C. Notas sobre Cactaceas. **Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo**. Série 2. Montevideo: v. 5, n.1, 1941. 154 p.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V. P.; BLANCO, C.C.; BOLDINI, I. I.; BOTH, R.; FORNECK, E. D. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S, C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JAQUES, A. V.A. **Campos Sulinos: conservação sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 2, p. 26-41.

PASTORE, U.; RANGEL, A. L. R.; TEIXEIRA, M. B. **Vegetação**. Levantamento de Recursos Naturais. Folhas SH. 22. Porto Alegre e parte das folhas SH. 21. 70 Uruguaiana e SI 22. Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: v. 33, IBGE, p. 541 - 619, 1986.

PEREZ, M. F.; CARSTENS, B. C.; RODRIGUES, G. L.; MORAES, E. M. Anonymous nuclear markers reveal taxonomic incongruence and long-term disjunction in a cactus species complex

with continental-island distribution in South America. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, n. 95, p. 11-19, 2016.

PITELLA, R.; SANTOS, T. B.; FARIAS, H. R. New record and expansion of the geographic distribution of *Parodia mueller-melchersii* (Frič ex Backeb.) N. P. Taylor (Cactaceae) in the southern region of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia: Série Botânica**, Porto Alegre, n. 75 p. 1-6, 2020.

PFEIFFER, L. **Enumeratio Diagnostica Cactearum Hucusque Cognitarum**. Berlin: Oehmigke, p. 70-71, 1837.

PONTES, R. C. Die Gruppe um *Notocactus horstii* - schön blühende, in der Serra Geral (Rio Grande do Sul, Brasilien) endemische Kakteen. **Kakteen und andere Sukkulente**, v. 70, n. 8, p. 241-247, 2019.

PONTES, R. C.; MARCHIORI, J. N. C.; WITECK NETO, L. Notas históricas sobre a família Cactaceae no Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. I - Período Clássico (1818-1950) - Viajantes naturalistas e botânicos europeus. **Balduínia**, n. 57, p. 1-11, 2017a.

PONTES, R. C.; MARCHIORI, J. N. C.; WITECK NETO, L. Notas históricas sobre a família Cactaceae no Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. II - Período Moderno (1950-1980) - Colecionadores e exploradores da região e imigrantes europeus. **Balduínia**, n. 57, p. 1-17, 2017b.

PONTES, R. C.; MARCHIORI, J. N. C.; WITECK NETO, L. Notas históricas sobre a família Cactaceae no Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. III - Período Moderno (1980-2017) - Taxonomistas gaúchos, uruguaios e europeus. **Balduínia**, n. 58, p. 1-9, 2017c.

PONTES, R. C.; OLIVEIRA DEBLE, A. S.; DEBLE, L. P. *Frailea erythracantha* (Cactaceae): a new species from Pampa Grasslands, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Phytotaxa**, v. 369, n. 3, p. 211-218, 2018.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMÜLLER, R.; BARTHLOTT, W. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, n. 4, p. 107-119, 1998.

POTTS, R.; BEHRENSMEYER, A. K. Late Cenozoic terrestrial ecosystems. In: BEHRENSMEYER, A. K.; DAMUTH, J. D.; DIMICHELE, W. A.; POTTS, R.; SUES, H. D.; WING, S. L. (eds.) **Terrestrial ecosystems through time**. Chicago: University of Chicago, p. 421-541, 1992.

PRANCE, G. T. **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. 714 p.

PRESTLÉ, K. H. Erstbeschreibung *Notocactus ibicuiensis* Preslté spec. nov. **Internoto**, v.6, n. 4, p. 99-103, 1985a.

PRESTLÉ, K. H. Nieuwbeschrijving *Notocactus stockingeri* species nova. **Succulenta**, v. 64, n11, p. 226-229, 1985b.

PRESTLÉ, K. H. Erstbeschreibung *Notocactus meonacanthus* Prestlé. **Internoto**, v. n.2, p. 35-39, 1986a.

PRESTLÉ, K. H. Erstbeschreibung *Notocactus macambarensis* Prestlé. **Internoto**, n.3, p. 67-72, 1986b.

PRESTLÉ, K. H. Nieuwbeschrijving *Notocactus gibberulus spec. nov.* **Succulenta**, v. 65, n. 6-7, p. 142-145, 1986c.

PRESTLÉ, K. H. **Die Gymnocalycien des brasilianischen Südens, einschliesslich der Vorkommen in Uruguay.** 1991. 23 p.

PRESTLÉ, K. H. **Die Gattung Frailea.** 3 ed. AL Veghel: Selbstverlag K. H. Prestlé, 1998. 250 p.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 5-24, 2002.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 5-24, 2002.

RAMBO, B. A imigração da selva higrófila no Rio Grande do Sul. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, n. 3, 55-91, 1951.

RAMBO, B. História da flora do planalto riograndense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, n. 5, p. 185-232, 1953.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul:** ensaio de monografia natural. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456 p.

RAUH, W. **Kakteen an ihren Standorten.** Berlin & Hamburg, Parey, 1979. 230 p.

REGINATO, P. A. R. **Integração de dados geológicos para prospecção de aquíferos fraturados em trecho da bacia hidrográfica Taquari-Antas (RS).** 254 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, n. 34-35, p. 1-525, 1983.

RIBEIRO, A. G. As escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, p. 45-46, 1993.

RITTER, F. *Notocactus horstii* Ritter spec. nova. **Succulenta**, v. 45, n. 1, p. 3-4, 1966a.

RITTER, F. *Eriocactus magnificus* Ritter spec. nova. **Succulenta**, v. 45, n. 4, p. 50-53, 1966b.

RITTER, F. *Eriocactus claviceps* Ritter spec. nova. **Succulenta**, v. 45, n. 8, p. 115-116, 1966c.

RITTER, F. Nieuwe cactussen uit Zuid-Amerika I. **Succulenta**, v. 49, n. 7, p. 108-109, 1970a.

RITTER, F. Nieuwe cactussen uit Zuid-Amerika I. **Succulenta**, v. 49, n. 8, p. 124-125, 1970b.

RITTER, F. Ein neuer "*Eriocactus*". **Bradea - Boletim do Herbário Bradeanum**, v. 1, p. 352 - 354, 1973.

RITTER, F. **Kakteen in Südamerika Band 1**. Brasilien/Uruguay/Paraguay. Friedrich Ritter Selbstverlag, Spangenberg. 1979. 374 p.

RITZ, C.M.; MARTINS, L.; MECKLENBURG, R.; GOREMYKIN, V. & HELLWIG, F. The molecular phylogeny of *Rebutia* (Cactaceae) and its allies demonstrates the influence of paleogeography on the evolution of South American mountain cacti. **American Journal of Botany**, v. 94, n.8, p. 1321-1332, 2007.

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments**, v. 44, p. 85-104, 2000.

ROMARIZ, D. A. **Biogeografia: temas e conceitos**. São Paulo: Scortecci, 2012. 199 p.

ROOS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 6. ed. São Paulo: Edusp, 1996. 546 p.

SARTHOU, C.; KONDA-KIKI, C.; VAÇULIK, A.; MORA, P.; PONGE, J. F. Successional patterns on tropical inselbergs: a case study on the Nourangues inselberg (French Guiana). **Flora**, v. 204, p. 396-407, 2009.

SARTORI, M. G. B. A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão de tempo no inverno do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 1, 15, p 69-93, 1993.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimentos científicos. **Terra Livre**, ano 19, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SARTORI, M. G. B. **O vento Norte**. Santa Maria: Ed. DR Publicidade, 2016. 256 p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidades de Conservação**. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10>>. Acesso em: 28 de fev. 2021

SCHÄFER, G. Die Gattung Notokakteen. **Kakteen/ Sukkulenten**, n. 14, 1-4 1980. 124 p.

SCHLUMPBERGER, B. O; RENNER, S. S. Molecular phylogenetics of *Echinopsis* (Cactaceae): Polyphyly at all levels and convergent evolution of pollination modes and growth forms. **American Journal Botany**, n. 99, p. 1335-1349, 2012.

SCHUMANN, K Succulente Reise-Erinnerungen. **Monatsschrift für Kakteenkunde**. n. 5, 145–149, 1895.

SCHUMANN, K. Cactaceae. In: MARTIUS, C. VON, EICHLER, A.W. & URBAN, I. (Eds.) **Flora Brasiliensis**. München: Fleischer, v. 4, n. 2, 1890. p. 185-322

- SCHUMANN, K. Ein neuer *Echinocactus* aus Südbrasilien. **Monatsschrift für Kakteenkunde**, n. 9, v. 13, p. 129-130, 1903.
- SILVA, G. A. R.; ANTONELLI, A.; LENDEL, A.; MORAES, E. M.; MANFRIN, M. H. The impact of early Quaternary climate change on the diversification and population dynamics of a South American cactus species. **Journal of Biogeography**, n. 45, p. 76-88, 2018.
- SIMPSON, B. B.; HAFFER, J. Speciation patterns in the Amazonian forest biota. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 9, p. 497-518, 1978.
- SPEGAZZINI, C. L. Breves notas cactológicas. In: **Anales de la Sociedad Científica Argentina**. Buenos Aires: n. 96, 1923. p. 61-75
- SPRENGEL, C. **Systema Vegetabilium**. Dietrich, Göttingen, vol. 1, p. 494, 1825.
- STUHLÍK, S. **Rod Notocactus - Monographie**. Kveten, 1993. 176p.
- STUHLÍK, S. Kakteen Rio Grande do Sul. **Kaktusy Special 1**. Praha: p. 1-35, 2010.
- SUCCULENTA. De veldnotities van Albert Buining. **Succulenta**. Doetinchem: Vereniging van cactus-en vetplantenliefhebbers, 2017. Disponível em: < <https://succulenta.nl/de-veldnotities-van-albert-buining/>>. Acesso em 01 fev. 2019.
- SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborecente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: Rima, novo Ambiente, 2006. 350 p.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, EMATER/RS - ASCAR, 2008. 222 p.
- SWALES, G. J. *Gymnocalcyium buenekeri spec. nov.* **The Cactus and Succulent Journal of Great Britain**, v. 40, n. 4, p. 87-100, 1978.
- TAYLOR, N. P. Cactaceae. Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan. **IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group**, p.17-20, 1997.
- TAYLOR, N. P. A new *Rhipsalis* from Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Cactaceae Systematics Initiatives 16** , p. 12 , 2003.
- TAYLOR, N. P; ZAPPI, D. C. Nomenclatural adjustments and novelties in Brazilian Cactaceae . **Cactaceae Systematics Initiatives 3** , p. 7 - 8 . 1997
- TAYLOR, N. P; ZAPPI, D. C. **Cacti of Eastern Brazil**. Kew: The Royal Botanic Gardens, 2004. 499 p.
- TURLAND, N. J.; WIERSEMA, J. H.; BARRIE, F. R.; GREUTER, W.; HAWKSWORTH, D. L.; HERENDEEN, P. S.; KNAPP, S., KUSBER, W. H.; LI, D. Z.; MARHOLD, K.; MAY, T. W.; MCNEILL, J.; MONRO, A. M.; PRADO, J.; PRICE, M. J.; SMITH, G. F. (eds.)

International code of nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code). **Regnum Vegetabile**, n. 159, p. 1-254, 2018.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio De Janeiro: IBGE/ SUPREN, 1977. 97 p.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. 281 p.

THIELE, H. **Wunderbare Welt der Parodien**. Adelsdorf: Sonderausgabe der Deutsche Kakteen Gesellschaft e. V., 2011. 144 p.

UEBELMANN, W. J. **Feldnummernliste Horst & Uebelmann**. Selbstverlag Werner Uebelmann, 1996. 204 p.

WAECHTER, J. L. Padrões geográficos na flora atual do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 93-108, 2002.

WALKER, M. J.; STOCKMAN, A. K.; MAREK, P. E.; BOND, J. E. Pleistocene glacial refugia across the Appalachian Mountains and coastal plain in the millipede genus *Narceus*: Evidence from population genetic, phylogeographic, and paleoclimatic data. **BMC Evolutionary Biology**, v. 9, p. 1-11, 2009.

WALLACE, R. S. Molecular systematic study of the Cactaceae: Using chloroplast DNA variation to elucidate Cactus phylogeny. **Bradleya**, v. 13, p.1-13, 1995.

WALLACE, R. S.; GIBSON, A. C. Evolution and systematics. In: NOBEL, P.S. **Cacti: biology and uses**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, p. 1-21, 2002.

WEBB, S. D. A history of savanna vertebrates in the New World. Part II: South American and the great interchange. **Annual Review of Ecology and Systematics**. Florida, v. 9, p. 393-426, 1978.

WESKAMP, W. **Die Gattung Parodia**. Band 1. Kiel, Selbstverlag, 1987. 600 p.

WESKAMP, W. **Die Gattung Parodia**. Band 2. Kiel, Selbstverlag, 1992. 271 p.

WESKAMP, W. **Die Gattung Parodia**. Band 3. Kiel, Selbstverlag, 1997. 265 p.

VANZOLINI, P. E. Ecological and geographical distribution of lizards in Pernambuco, north-eastern Brazil (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia**, n. 28, p. 61-90, 1974.

VANZOLINI, P. E. Paleoclimates, relief and species multiplication in equatorial forests. In: MEGGERS, B. J. et al. (Orgs.). **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Washington: Smithsonian Inst. Press, 1973. p. 255-258.

VANZOLINI, P. E. **Zoologia Sistemática: geografia e a origem das espécies**. Teses e Monografias. São Paulo: Ed. da USP, 1970. 56 p.

VANZOLINI, P. H.; WILLIAMS, H. H. South American anoles: the geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). **Arquivos de Zoologia**, v. 19, n. 3-4, p. 125-298, 1970.

VELOSO, H.P. GÓES-FILHO, L. **Fitogeografia Brasileira**. Classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. Boletim Técnico, Série Vegetação, v. 1, Projeto RADAMBRASIL, 1982. 80. p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1991. 124 p.

VIADANA, A. G. **A teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo**. Edição do autor. Rio Claro: Edição do Autor, 2002. 71 p.

VICH, J. Kolumbianische Wigginsien. **Kaktusy Special 2**, p.2-35, 2018.

VICH, J. Standorte der kolumbianischen Wigginsien. **Internoto**, v. 40, n. 1, p. 14-28, 2019.

ZAPPI, D.; TAYLOR, Cactaceae. In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6622>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. P; MACHADO, M. Cactaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 21 jan. 2021