



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Geografia

Michele Souza da Silva

Análise das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro): uma proposta a partir da Climatologia Geográfica

Rio de Janeiro

2022

Michele Souza da Silva

Análise das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro): uma proposta a partir da Climatologia Geográfica



Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Cultura e Natureza – Física.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Vivian Castilho da Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Edson Soares Fialho

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva, Michele Souza da.
Análise das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro): uma proposta a partir da Climatologia Geográfica./ Michele Souza da Silva. – 2022.
237 f. : il.

Orientadora: Vivian Castilho da Costa.
Coorientador: Edson Soares Fialho
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia.

1. Climatologia urbana – Pedra Branca, Maciço da (RJ) – Teses. 2. Geomorfologia – Planejamento ambiental – Rio de Janeiro (RJ) – Teses. 3. Unidade de Conservação – Rio de Janeiro (RJ) – Teses. 4. Uso e ocupação do solo – Rio de Janeiro (RJ) – Teses.
I. Costa, Vivian Castilho da. II. Fialho, Edson Soares III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Instituto de Geografia. Título.

CDU 551.58(815.3)

Bibliotecária responsável: Fernanda Lobo CRB7 5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Michele Souza da Silva

Análise das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro): uma proposta a partir da Climatologia Geográfica

Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Cultura e Natureza – Física.

Aprovada em 13 de junho de 2022.

Banca Examinadora:

Prof.a. Dra. Vivian Castilho da Costa (Orientadora)
Instituto de Geografia – UERJ

Prof. Dr. Edson Soares Fialho (Coorientador)
Universidade Federal de Viçosa

Prof.^a. Dr.^a Nadja Maria Castilho da Costa
Instituto de Geografia – UERJ

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Oscar Júnior
Instituto de Geografia – UERJ

Prof.^a. Dr.^a Cristiane Cardoso
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Giuliano Tostes Novais
Universidade do Estado de Goiás

Rio de Janeiro
2022

DEDICATÓRIA

Dedico às mulheres que antecederam-me, que foram invisibilizadas na história e, ainda assim, trouxeram grandes contribuições para a ciência, marcando a nossa presença e importância nas Universidades.

AGRADECIMENTOS

A cada etapa da minha formação acadêmica, que começou no ano de 2010, eu sempre precisei das pessoas, e, portanto, o meu sentimento de gratidão é imenso.

Agradeço imensamente aos meus professores, meus amigos e minhas amigas que me acompanharam e me acompanham durante todo esse tempo, vocês fazem parte de uma das melhores etapas da minha vida.

Daqueles que estiveram presentes na construção dessa tese, agradeço a minha orientadora, professora Vivian Castilho da Costa, que aceitou a orientação da pesquisa, e prestou o seu auxílio e os seus conhecimentos na elaboração desse trabalho, obrigada por ter acreditado na minha capacidade.

Ao meu pai Jorge por ter me acompanhado no trabalho de campo. Assim, como destaco a importância de toda a minha família que amo muito, e não posso deixar de mencionar o meu avô Meirelles que sempre me contava as histórias da Pedra Branca, daquilo que ele viveu, e que consegui comprovar quando resgatei as fontes históricas.

Ao professor Giuliano Novais, que me auxiliou muito na construção das unidades climáticas, a sua paciência e presteza foram fundamentais.

Aos professores que estão me acompanhando desde 2020 na qualificação e agora na defesa da tese com: Prof. Antonio Oscar Júnior, Prof.^a Nadja C. da Costa, Prof.^a Cristiane Cardoso (sempre presente na minha formação), Prof. Edson Fialho Soares e Prof. Giuliano Novais.

A Helena, que me ajudou enquanto estive na Fundação CEPERJ, na construção de alguns mapas.

Aos meus amigos e minha amiga que estão juntos comigo: Silvia Maria, Samuel (o Samuca) e o Junimar, o meu trio favorito.

Ao INEA e aos Guardas-Parques pelo apoio nos trabalhos de campo no Núcleo Piraquara, em Realengo.

Não foi fácil construir essa tese em meio ao caos que se instalou nos anos de 2020 e início de 2021, por conta da pandemia de COVID-19. Assim como eu, vários se perguntaram, por quê? e para quê?, mas sobrevivemos e prosseguimos.

Imensamente a Deus, aos Orixás e as minha Entidades que me deram forças para não desistir.

RESUMO

SILVA, Michele Souza da. *Análise das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro): uma proposta a partir da Climatologia Geográfica*. 2022. 237 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

As mudanças no clima são cada vez mais evidentes, conforme disponibilizado pelo Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e precisam estar presentes no planejamento ambiental. Desse modo, os maciços costeiros possuem uma grande importância nos estudos do clima da cidade do Rio de Janeiro, por influenciarem na circulação e distribuição da umidade e dos ventos, e por concentrarem a maior parte das florestas. O maciço da Pedra Branca, dividido pelas vertentes: Norte; Oeste; e Leste, possui uma das maiores unidades de conservação (UC) urbana no mundo, o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), localizado acima da cota 100 metros, e apresenta aspectos diferenciados no que tange a cobertura vegetal, com diversos estratos e estágios sucessionais, no uso e ocupação do solo, e na sua fisiografia que resultam em diferentes tipos de climas. Assim, o principal objetivo da tese é realizar a análise geográfica do clima no maciço da Pedra Branca, a partir de seus aspectos térmicos e higrométricos, visando estabelecer a delimitação das unidades climáticas de acordo com a Classificação de Novais (2019). Os pressupostos que trouxeram o embasamento teórico e epistemológico para a pesquisa alçaram-se na compreensão das escalas climáticas, das definições das unidades climáticas segundo Novais, e com o entendimento de como a vegetação pode influenciar no clima. Os resultados alcançados corresponderam diretamente com os objetivos específicos elencados, com o levantamento e análise dos aspectos geoambientais e geourbanos, gerando uma análise do clima, da geomorfologia, da pedologia, da hidrografia e da cobertura vegetal, e no que se refere ao uso e ocupação do solo no interior do PEPB e na sua zona de amortecimento. A delimitação das unidades climáticas foi realizada até a quinta hierarquia, encontrando diferentes unidades nas vertentes, identificaram-se um clima zonal, quente; três domínios: Tropical Ameno; Tropical e o Semiárido; os subdomínios de acordo com os meses secos (úmido, semiúmido, semisseco e seco); o tipo Litorâneo Sul do Brasil; e nos subtipos a principal unidade geomorfológica para as definições é dos Maciços Costeiros Fluminenses. A espacialização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e do Índice de Vegetação Melhorado (EVI) mostraram que as vertentes norte e oeste são as mais degradadas. A Temperatura Superficial (TS) também apresentou resultados que corroboram com os que foram encontrados no NDVI, SAVI e EVI, com temperaturas maiores nas áreas que apresentaram menores índices, e com temperaturas mais baixas nas áreas com maiores valores de vegetação. Tais mapeamentos subsidiaram as delimitações das unidades climáticas, que também encontraram o suporte nas fotografias sobre os aspectos da vegetação dos trabalhos de campo que foram realizados. Espera-se que essa pesquisa possa oferecer um apoio para as ações de planejamento e nas futuras atualizações do plano de manejo do PEPB. Além de poder contribuir para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Agenda 2030. A preservação da vegetação nos maciços litorâneos tem papel fundamental na dinâmica da paisagem e na resiliência de seus recursos ambientais para a sociedade que vive em seu entorno.

Palavras-Chave: Maciço da Pedra Branca. Unidades Climáticas. Fragmentos Florestais. Unidade de Conservação.

ABSTRACT

SILVA, Michele Souza da. *Analysis of the climatic units of the Pedra Branca Massif (Rio de Janeiro): a proposal from the Geographic Climatology*. 2022. 237 f. Thesis (PhD in Geography) – Institute of Geography, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Climate changes is increasingly evident, as made apparent by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and need to be addressed in environmental planning. As such, coastal massifs are of significant importance in climate studies for the city of Rio de Janeiro, as they influence the circulation and distribution of humidity and wind, as well as concentrating most of the forested vegetation. The Pedra Branca massif, divided by slopes to the north, west and East, has one of the largest urban conservation units (CU) in the world, the State Park of Pedra Branca (PEPB). At an altitude of 100 meters, it exhibits distinctive characteristics in terms of vegetation cover, with various strata and successional stages in the use and occupation of the soil, as well as in its physiography, which result in different types of climates. Thus, the main objective of the thesis is to perform a geographic analysis of the climate in the Pedra Branca Massif, from its thermal and hygrometric characteristics, which aims to establish the boundaries of climatic units according to the Novais Classification (2019). The assumptions that provided the theoretical and epistemological basis for the research were based on the understanding of climate scales, the definitions of climate units according to Novais, and the understanding of how vegetation can influence climate. The results achieved corresponded directly with the specific objectives listed, with the survey and analysis of the geo-environmental and geo-urban aspects, as well as an analysis of the climate, geomorphology, pedology, hydrography, and vegetation cover with regard to the use and occupation of the soil within the PEPB and its buffer zone. Climate unit boundaries were made up to the fifth hierarchy, encountering different units on the slopes, identifying a zonal, hot climate with three domains: Tropical Mild; Tropical and the Semi-arid, the sub-domains according to the dry months (humid, semi-humid, semi-dry and dry), the Brazilian Southern Coastal type, and in the subtypes the main geomorphologic unit for the definitions is the Fluminense Coastal Massifs. The spatialization of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) showed that the north and west slopes are the most degraded. The Surface Temperature (ST) also showed results that corroborate those found in the NDVI, SAVI and EVI, with higher temperatures in the areas that presented lower indices, and with lower temperatures in the areas with higher vegetation values. Such mappings provided the basis for delimiting the climate units, which also found support in the photographs of vegetation aspects from the fieldwork that was conducted. It is hoped that this research can offer support for planning actions and future updates of the PEPB management plan. In addition to being able to contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda. The preservation of the vegetation on the coastal massifs play a fundamental role in the dynamics of the landscape and the resilience of its environmental resources for the surrounding society.

Keywords: Pedra Branca Massif. Climate Units. Forest fragments. Conservation Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Esquema da UBL em mesoescala e UCL em escala local e microescala.....	30
Figura 2 –	Exemplificação das diferenças da incidência da radiação solar nas vertentes.....	32
Figura 3 –	Exemplificação das brisas de vale e brisa de montanha.....	33
Figura 4 -	Proposta de Unidades Climáticas para o Rio de Janeiro de Brandão (1996).....	38
Figura 5 –	Modelo de organização climática para o Estado da Bahia proposto por Aouad(1983).....	40
Figura 6 –	Zonas climáticas da terra.....	42
Figura 7 –	Hierarquias da classificação climática.....	43
Figura 8 –	Delimitação das Unidades Climáticas do Triângulo Mineiro.....	46
Figura 9 –	Características espectrais da vegetação verde sadia.....	58
Figura 10 –	Janelas atmosféricas do espectro eletromagnético.....	63
Figura 11 –	Geossistemas na análise do maciço da Pedra Branca – RJ.....	69
Figura 12 -	Mapa pluviométrico do Município do Rio de Janeiro.....	74
Figura 13 -	Classificação climática de Köppen.....	76
Figura 14 -	Classificação climática de Köppen para o Estado do Rio de Janeiro..	77
Figura 15 -	Precipitação média dos bairros próximos ao maciço da Pedra Branca – RJ, no período de 2011 a 2021.....	79
Figura 16 -	Movimento de massa na Estrada do Pau da Fome em 1996.....	88
Figura 17 -	Pontos de escorregamento na vertente norte no bairro de Realengo...	89
Figura 18 -	Carros dentro de um córrego em Realengo.....	89
Figura 19 -	Produção de aguardente nos engenhos da corte de 1838-1839.....	103
Figura 20 -	Plantações de banana e outras culturas em Grumari.....	105
Figura 21 -	Ilustração com a formação do balão na produção de carvão no Mato Alto.....	107
Figura 22 -	Publicação Jornal Última Hora sobre a produção agrícola no Sertão Carioca.....	110

Figura 23 -	Fotografia aérea da zona de amortecimento do PEPB – Realengo (vertente norte).....	113
Figura 24 -	Fotografia aérea da zona de amortecimento do PEPB – Realengo (vertente norte).....	114
Figura 25 -	Fluxograma com as etapas da pesquisa.....	123
Figura 26 -	Localização das trilhas no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	125
Figura 27 -	Fluxograma etapas na elaboração da TS.....	134
Figura 28 -	Distribuição dos pontos no maciço da Pedra Branca.....	136
Figura 29 -	Planilha excel Balanço Hídrico.....	138
Figura 30 -	Hierarquia na delimitação das unidades climáticas.....	139
Figura 31	Carta sinótica do dia 01 de março de 2020, 00Z – 72 horas.....	156
Figura 32 -	Zona climáticas da terra segundo Novais.....	172
Figura 33 -	Imagem Google Earth do Pico do Maciço da Pedra Branca	184
Figura 34 -	Marco Geodésico no Pico (1025m de altitude) do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	185
Figura 35 -	Aspectos da vegetação próximo ao Pico do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	185
Figura 36 -	Aspectos da vegetação no núcleo Pau da Fome do PEPB.....	187
Figura 37 -	Açude do Camorim no PEPB.....	187
Figura 38 -	Fotos e perfil topográfico da Trilha Pedra do Osso Núcleo Piraquara (Realengo) do PEPB.....	188
Figura 39 -	Trilha Pedra do Osso – Núcleo Piraquara.....	189
Figura 40 -	Imagem do Google Earth de Vargem Grande e zona de amortecimento do PEPB.....	190
Figura 41 -	Fotos e perfil topográfico da Trilha Caminho de Furnas (Campo Grande) do PEPB.....	191
Figura 42 -	Trilha Caminho de Furnas – Rio da Prata – Campo Grande.....	192
Figura 43 -	Imagem do Google Earth do Maciço do PEPB e zona de amortecimento (bairros de Guaratiba e Ilha de Guaratiba).....	193
Figura 44 -	Trecho de Recuperação Ambiental no Núcleo Piraquara – Realengo.....	210

Figura 45 - Trecho de Recuperação Ambiental no Núcleo Piraquara – Realengo.....	210
Figura 46 - Espécie Capim-Colonião nas encostas do Núcleo Piraquara.....	211
Figura 47 - Espécie Capim-Colonião nas encostas do Núcleo Piraquara.....	211
Figura 48 - Capim-Colonião (à esquerda).....	212
Figura 49 - Presença de vegetação em diversos estágios sucessionais (à direita) no Rio da Prata – Campo Grande.....	212
Figura 50 - Bananeiras (à esquerda).....	212
Figura 51 - presença de caquis (à direita) – Rio da Prata – Campo Grande.....	212

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 –	Mapa de localização do maciço da Pedra Branca – RJ.....	71
Mapa 2 –	Mapa de Unidades Geomorfológicas do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	83
Mapa 3 –	Mapa de Declividade do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	84
Mapa 4 -	Mapa Hipsométrico do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	85
Mapa 5 –	Mapa de Orientação das Vertentes do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	86
Mapa 6 –	Mapa semidetalhado de solos do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	92
Mapa 7 –	Mapa Hidrográfico do Maciço da Pedra Branca – RJ.....	96
Mapa 8 –	Mapa de cobertura vegetal do maciço da Pedra Branca – RJ.....	98
Mapa 9 –	Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca – 1990.....	116
Mapa 10 –	Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca – 2000.....	117
Mapa 11 –	Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca – 2010.....	118
Mapa 12 -	Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca – 2020.....	119
Mapa 13 -	Variação da temperatura nos meses do verão no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	145
Mapa 14 -	Variação da temperatura nos meses do outono no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	147
Mapa 15 -	Variação da temperatura nos meses do inverno no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	149
Mapa 16 -	Variação da temperatura nos meses da primavera no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	151
Mapa 17 -	Temperatura média do mês mais frio (TMMMF) no Maciço da Pedra Branca.....	153

Mapa 18 -	Variação da pluviosidade nos meses do verão no Maciço da Pedra Branca no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	157
Mapa 19 -	Variação da pluviosidade nos meses do outono no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	158
Mapa 20 -	Variação da pluviosidade nos meses do inverno no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	161
Mapa 21 -	Variação da pluviosidade nos meses da primavera no Maciço da Pedra Branca – RJ.....	163
Mapa 22 -	Mapa da precipitação anual média do maciço da Pedra Branca-RJ.	164
Mapa 23 -	Excedente Hídrico no maciço da Pedra Branca- RJ e Zona de Amortecimento.....	167
Mapa 24 -	Déficit Hídrico no maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento.....	168
Mapa 25 -	Quantidade de meses secos do Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento.....	170
Mapa 26 -	Clima Zonal do Maciço da Pedra Branca e na zona de amortecimento- RJ.....	173
Mapa 27 -	Radiação Global no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento – RJ em Junho de 2021.....	174
Mapa 28 -	Radiação Global no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento – RJ em Dezembro de 2021.....	175
Mapa 29 -	Delimitação dos domínios climáticos do Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento – RJ.....	178
Mapa 30 -	Mapa Subdomínios do maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento – RJ.....	180
Mapa 31 -	Mapa das Unidades Climáticas do Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento – RJ.....	183
Mapa 32 -	NDVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020.....	198
Mapa 33 -	SAVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020.....	199
Mapa 34 -	EVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento 1990 – 2020.....	200

Mapa 35 - NDVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020.....	203
Mapa 36 - SAVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020.....	204
Mapa 37 - EVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020.....	205
Mapa 38 - TS mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020.....	215
Mapa 39 - TS mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ entre 1990 e 2020.....	216

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sistema Clima Urbano (S.C.U) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.....	26
Quadro 2 – Domínios, subdomínios e tipos climáticos.....	45
Quadro 3 – Classificação dos satélites meteorológicos.....	52
Quadro 4 – Informações satélites para bandas do canal vermelho, infravermelho e termal.....	54
Quadro 5 – Rios das vertentes do maciço da Pedra Branca – RJ.....	94
Quadro 6 – Informações sobre os trabalhos de campo.....	125
Quadro 7 – Data das imagens adquiridas.....	128
Quadro 8 – Caracterização das bandas.....	130
Quadro 9 – Descrição do tipo e subtipos climáticos no maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento.....	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição RGB para os domínios e subdomínios climáticos.....	141
Tabela 2 – Acumulados em mm de precipitação nos meses de março e abril de 2020.....	196
Tabela 3 – Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Úmido.....	206
Tabela 4 – Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Seco.....	208

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	19
1	EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL DA TESE.....	24
1.1	As escalas espaciais do clima e a topoclimatologia como delimitação da análise climática.....	28
1.1.1	<u>A Topoclimatologia.....</u>	31
1.2	Classificação e definição de Unidades Climáticas.....	35
1.2.1	<u>Classificação das Unidades Climáticas Segundo Novais.....</u>	41
1.3	Influência da vegetação no clima.....	47
1.4	O sensoriamento remoto para os estudos da temperatura superficial e da vegetação.....	51
1.4.1	<u>Sensoriamento remoto aplicado à vegetação nos estudos do climáticos.....</u>	56
1.4.2	<u>O Sensoriamento Remoto da Temperatura de Superfície (TS) para os estudos climáticos.....</u>	62
2	DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS AOS GEOURBANOS DO MACIÇO DA PEDRA BRANCA.....	68
2.1	O Geoambiente do Maciço da Pedra Branca.....	69
2.1.1	<u>Localização do Maciço da Pedra Branca.....</u>	69
2.1.2	<u>Dos aspectos climáticos.....</u>	72
2.1.3	<u>Dos aspectos geológicos e geomorfológicos.....</u>	80
2.1.4	<u>Dos aspectos pedológicos.....</u>	90
2.1.5	<u>Dos aspectos hidrológicos.....</u>	93
2.1.6	<u>Da composição da vegetação.....</u>	97
2.2	Geourbanização do maciço da Pedra Branca.....	101
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OBTENÇÃO DOS DADOS..	122
3.1	Atividade de trabalhos de campo.....	123
3.2	Mapeamento das características geoambientais.....	126
3.3	Aquisição e processamento das imagens de satélite.....	127
3.4	Classificação supervisionada para uso e cobertura do solo.....	129
3.5	Estimativa dos índices de vegetação (NDVI; SAVI e EVI).....	129

3.6	Elaboração das porcentagens para as vertentes do maciço dos índices de vegetação.....	131
3.7	Radiação Solar Global.....	132
3.8	Estimativa da temperatura de superfície.....	132
3.9	Elaboração das unidades climáticas.....	134
3.9.1	<u>Espacialização dos dados Temperatura do ar e precipitação.....</u>	136
3.9.2	<u>Balanco Hídrico – Evapotranspiração.....</u>	138
3.9.3	<u>Delimitação das unidades climáticas.....</u>	139
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	142
4.1	As variáveis térmicas e pluviométricas no maciço da Pedra Branca.....	142
4.1.1	<u>Distribuição da temperatura do ar nas vertentes do maciço da Pedra Branca.....</u>	143
4.1.2	<u>Distribuição da precipitação nas vertentes do maciço da Pedra Branca.....</u>	154
4.1.3	<u>Balanco Hídrico – Déficits e Excedentes no Maciço da Pedra Branca.....</u>	165
4.1.3.1	Evapotranspiração Potencial (ETP) – Quantidade de meses secos nas vertentes do maciço da Pedra Branca.....	169
4.2	Classificação das Unidades Climáticas para o Maciço da Pedra Branca – Baseada na metodologia de Novais	171
4.2.1	<u>Zonas Climáticas e Clima Zonal nas vertentes do Maciço da Pedra Branca.....</u>	171
4.2.2	<u>Domínios, subdomínios, tipos e subtipos climáticos.....</u>	176
4.2.3	<u>Mapa das unidades climáticas para o Maciço da Pedra Branca.....</u>	182
4.3	Espacialização dos índices de vegetação e da temperatura superficial (TS) No maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento	193
4.3.1	<u>Índices NDVI, SAVI e EVI.....</u>	194
4.3.2	<u>Temperatura Superficial (TS).....</u>	213
	CONCLUSÃO.....	218
	REFERÊNCIAS	224

INTRODUÇÃO

Na atualidade a compreensão sobre as condições climáticas dos lugares vem se tornando um dos maiores desafios, ainda mais com a ampliação das fontes de dados meteorológicos e das pesquisas que vem despertando o interesse, principalmente porque cada vez mais a humanidade é afetada pelas mudanças climáticas em curso, a partir dos eventos extremos. Para tanto, as análises climáticas tornam-se basilares para o planejamento urbano-territorial.

O planeta encontra-se sobrepovoado, em constante expansão demográfica e quase sempre são transmitidas notícias dos eventos de secas, inundações, ciclones devastadores, invernos rigorosos e verões chuvosos ou até mesmo secos. O que geram várias preocupações, entre elas a obtenção dos alimentos e dos recursos hídricos para uma população que aumenta cada vez mais (ARAGÃO, 2009).

O clima dentro do contexto da relação sociedade-natureza, e aos processos de apropriação e produção da natureza, possui distinções quando o relacionamos com o mundo globalizado, com desigualdades latentes e uma sociedade estruturada em classes sociais. Sob esse viés é possível compreender que o clima assume papéis diferentes em alguns territórios, e os que apresentam menor desenvolvimento econômico e tecnológico serão muito mais afetados durante os episódios excepcionais, em contrapartida os territórios com tecnologia mais sofisticadas e com relações de produção altamente modernas conseguirão mitigar os efeitos adversos do clima (SANT'ANNA NETO, 2001).

Quando se associa o clima com os processos envolvidos na produção do espaço, atribui-se essencialmente o caráter geográfico as condições climáticas de cada região, lugar, e dependendo da escala elencam-se os principais elementos e fatores que irão influenciar nos aspectos atmosféricos mais recorrentes.

Como uma definição mais generalizadora o clima de uma região é representado por um conjunto das condições meteorológicas, ou seja, dos elementos, que durante um intervalo de tempo e com a sucessão natural, promovem a caracterização da atmosfera, prestando uma identidade climática de um lugar. Dentre os fatores, a relação entre a vegetação e o clima, não tem apenas a ver com a temperatura, a umidade, mas também com o período de duração da umidade e da secura (ARAGÃO, 2001, p.3).

Monteiro (1990a) um dos precursores dos estudos do clima urbano no Brasil ressalta a necessidade de compreender as condições atmosféricas, principalmente em

um ambiente complexo como é o urbano, é preciso ir além de apenas obter os dados dos elementos, mas avaliar as alterações, derivações que o ar sofre no interior das áreas urbanas e suas diversas interações.

As complexidades que se desenvolvem no espaço urbano geram modificações, como a primeira e mais perceptível que é a retirada da cobertura vegetal. O intenso desmatamento produz impactos significativos no clima e os poucos fragmentos florestais ficam registrados como um saldo do que já existiu, mas ainda assim tais remanescentes prestam serviços ambientais para a qualidade de vida, e não se pode deixar de mencionar as contribuições para o clima, principalmente no âmbito do campo térmico-higrométrico.

Na história da climatologia do Brasil durante o final do século XIX e no decorrer do século XX as classificações dos climas aplicados ao país foram sendo desenvolvidas, existia uma necessidade de inserir as metodologias de classificação já existentes, mas também produzir novas técnicas que pudessem refletir definições mais próximas da nossa realidade (SANT'ANNA NETO, 2005; MONTEIRO, 1999). Assim, as delimitações climáticas, podem ser compartimentadas em unidades de acordo com os aspectos da paisagem (SANT'ANNA NETO, 2013).

Novais (2019) quando ampliou o seu método de classificação climática para o Bioma Cerrado demonstrou que o estabelecimento de unidades climáticas possibilitaria o fornecimento de importantes informações que podem subsidiar novos estudos climáticos, e auxiliar nas atividades antrópicas e no planejamento. Sua classificação está alçada na temperatura média do mês mais frio (TMMMMF) para delimitar os climas zonais, considerando as diferenças de incidência da radiação solar que varia latitudinalmente (NOVAIS, 2017), e os domínios climáticos. E para as demais hierarquias, associa-se elementos como a precipitação e a Evapotranspiração Potencial (ETP) para a identificação dos meses secos.

O Plano Diretor do município do Rio de Janeiro (2011) enfatiza no texto a necessidade do planejamento da cidade aliado as mudanças climáticas, principalmente no que tange as mudanças mesoclimáticas e microclimáticas. Portanto, destacam-se a relevância de elaboração de políticas de instrumentos de planejamento e gestão ambiental voltadas para proteção do Bioma Mata Atlântica, à biodiversidade, às áreas verdes e os espaços livres. Além de indicar a preservação das áreas estratégicas consideradas ambientalmente vulneráveis e de importante valor ecológico, paisagístico

e ambiental, como a Floresta de Mata Atlântica nos maciços da Pedra Branca, Tijuca e Gericinó-Mendanha.

Os maciços costeiros apresentam peculiaridades no que tange ao clima, suas vertentes, a partir da orientação, recebem a radiação solar de forma desproporcional, a circulação dos ventos, a umidade e as temperaturas tornam-se diferenciadas o que resulta em condições climáticas distintas, influenciando na cobertura vegetal. Assim, os estudos que possam inferir e diagnosticar os climas existentes podem subsidiar as ações de planejamento urbano e no plano de manejo das unidades de conservação (UCs) existentes, que muitas vezes apresentam informações genéricas sobre o clima, a ausência de análises climáticas das UCs, podem prejudicar o correto manejo, pois entender as peculiaridades em relação a insolação e da termo-higrometria subsidiam os projetos de reflorestamento das encostas, mitigação dos incêndios florestais, o ordenamento e zoneamento ambiental.

No caso do Maciço da Pedra Branca, o recorte espacial dessa pesquisa, localiza-se no município do Rio de Janeiro, na zona oeste da cidade, junto com o maciço da Tijuca faz parte do grupo dos maciços costeiros fluminenses. Suas três vertentes: Norte, Leste e Oeste, apresenta aspectos distintos no que tange à fisiografia e nas ocupações urbanas no seu entorno. Por sua extensão territorial de 12.383,84 hectares é reconhecido por possuir uma das maiores florestas urbanas do mundo, o que lhe confere a existência de um importante remanescente de Mata Atlântica que justifica a delimitação de UCs, como o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) que está demarcado a partir da cota 100 metros.

A delimitação dos climas em UCs ainda é um dos temas que pouco tem destaque nas pesquisas acadêmicas e até mesmo dentro dos planos de manejo. Serafini Jr. (2005) enfatizou muito essa carência ao estudar o clima nas Cavernas do Peruaçu (MG), o autor estabeleceu os aspectos vegetacionais com a temperatura e umidade. No contexto de uma UC o clima pode ser tão diverso e dinâmico quanto os demais elementos da natureza local (WOLLMAN et al. 2016). O plano de Manejo do PEPB (2013) estabelece uma análise mais sucinta sobre o clima, que incluem resumidamente as principais condições atmosféricas mais frequentes e um tipo de clima de acordo com a classificação climática de Köppen. Portanto, faz-se necessário a complementação das informações que constam no plano de manejo, com estudos focados em entender as interações climáticas que ocorrem no interior e no entorno da UC.

A partir dos pressupostos que incluem a análise climática de um importante fragmento florestal que possui uma das maiores UCs no município do Rio de Janeiro e a necessidade de oferecer subsídios para o seu planejamento e preservação, é que se deu o desenvolvimento desta tese, sob o recorte analítico das definições das unidades climáticas com a metodologia proposta por Novais (2017, 2018, 2019,2021).

Mediante ao exposto, o objetivo geral desta pesquisa é Classificar e delimitar as unidades climáticas do Maciço da Pedra Branca, no Rio de Janeiro, de acordo com a Classificação de Novais.

Os objetivos específicos incluem:

- a) Compreender os aspectos Geoambientais e Geourbanos que estão relacionados ao Maciço;
- b) Analisar a dinâmica, em sua variabilidade espaço temporal (1990-2020) da cobertura florestal do maciço da Pedra Branca e sua relação (correlação) com os aspectos climáticos;
- c) Delimitar a partir dos dados as variações térmicas, pluviométricas e da TMMMFM as hierarquias climáticas.

Sob a ótica dos objetivos a Tese encontra-se estruturada em quatro capítulos, após a Introdução. **O Capítulo 1** – Embasamento teórico-conceitual traz o debate e reflexões acerca do clima, considerando as suas escalas e a topoclimatologia, aborda-se o estabelecimento das classificações climáticas a partir das delimitações das unidades climáticas, que é um dos principais objetivos dessa pesquisa, **com ênfase na classificação climática de Novais** que foi selecionada para delimitar as unidades climáticas do Maciço da Pedra Branca. Posteriormente, buscou-se compreender como a vegetação pode influenciar no clima, com a revisão na literatura de pesquisas que comprovam seus efeitos na qualidade do ar, e na atenuação térmica e higrométrica, principalmente dos efeitos no clima que os fragmentos florestais podem exercer. E, por fim, disserta-se sob o viés teórico e epistemológico do sensoriamento remoto para a Vegetação e para a Temperatura Superficial.

O Capítulo 2 – Dos aspectos Geoambientais aos Geourbanos do Maciço da Pedra Branca – RJ. Com análises produzidas sobre os aspectos Geoambientais relacionados com o clima, com as condições climáticas principais do município do Rio

de Janeiro e que influenciam diretamente nas diferenciações térmicas-higrométricas no maciço. As unidades Geológicas e Geomorfológicas, além da declividade, hipsometria e orientação das vertentes, destacando alguns eventos pretéritos de movimentos de massa. Os aspectos pedológicos e hidrológicos, e da composição da vegetação. Nas características Geourbanas, buscou-se estabelecer um resgate histórico, evidenciando os primeiros usos e ocupações do solo, que resultaram na evolução urbana verificada no entorno do maciço e o avanço das construções para o interior do PEPB.

O **Capítulo 3** – Procedimentos metodológicos e obtenção de dados com as etapas de realização da pesquisa visando atingir cada objetivo específicos, com as atividades de campo, os mapeamentos das características Geoambientais, e nos procedimentos para aquisição e processamento das imagens de satélite, o estabelecimento dos índices de Vegetação: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI); e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI). Assim, como os processos que envolveu a definição das hierarquias climáticas, na delimitação das Unidades Climáticas.

O **Capítulo 4** – Dos Resultados e Discussões destaca-se por apresentar e discutir todos os resultados que foram obtidos, a partir das análises das variáveis térmicas e pluviométricas adquiridas do algoritmo CHELSA (1979-2013), as médias de temperatura e precipitações que foram fornecidas para todos os meses do ano, possibilitaram a espacialização da temperatura do ar e da precipitação de acordo com os meses das estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), e a temperatura do mês mais frio (TMMMF). E, posteriormente, com as planilhas de balanço hídrico de Rolim et al. (1998) foram estabelecidas áreas de deficiência e excedente hídricos, e a ETP (Evapotranspiração Potencial) com a definição da quantidade dos meses secos, que constituíram as principais bases para a classificação das hierarquias, conforme a metodologia proposta por Novais (2019). O estabelecimento das cinco hierarquias (Zonas Climáticas; Clima Zonal; Domínios; Subdomínios; Tipo; e Subtipos), a sobreposição das informações resultaram no mapeamento das Unidades Climáticas para o maciço. Como forma de subsidiar as unidades encontradas, buscou-se estabelecer a espacialização dos dados referentes aos índices de Vegetação (NDVI, SAVI e EVI) e correlacioná-los com a temperatura superficial (TS).

1 EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL DA TESE

A climatologia geográfica busca aliar o conhecimento geográfico com a meteorologia, embora a concepção não seja apenas de cunho estatístico, mas a necessidade de compreender o clima a partir da sua relação entre sociedade e natureza, prestando a este um caráter dinâmico que envolve as mudanças atmosféricas associadas com as ações antrópicas.

Monteiro (1971) a partir da climatologia dinâmica considerou os fundamentos genéticos e dinâmicos, que já tinham sido ressaltados por Marx Sorre a respeito das mudanças atmosféricas, elaborando os procedimentos para análise do ritmo climático, saindo de uma abordagem estática-generalizadora do clima, partindo para o estudo do encadeamento dos tipos de tempo, considerando a escala diária, para estabelecer a compreensão dos mecanismos atmosféricos, aliando o clima nos fenômenos geográficos com as interferências nas atividades humanas e na organização do espaço (SANT'ANNA NETO, 2013).

Essencialmente a climatologia não apenas observa os fenômenos meteorológicos, armazena os seus dados e elabora as séries estatísticas. Para Sorre (2006) um meteorologista e um climatologista podem fazer observações com os mesmos instrumentos, por exemplo para a temperatura, contudo o meteorologista irá apreciar a precisão dos aparelhos, a crítica matemática, os estudos das variações com as previsões, pois isto é inerente a sua formação que preza pelas análises físicas. Enquanto para o climatólogo, a variação térmica aparece em primeiro como um elemento do clima de um lugar ou de uma região. Ainda, considerando as explicações do autor:

Quando estudamos as variações geográficas da lâmina de água precipitada na superfície do solo, quando comparamos as diferenças de ritmo de oscilação térmica de uma região para outra, quando caracterizamos a atmosfera de um lugar pela combinação dos meteoros, quando investigamos a relação entre esses fatos e outros fatos geográficos tais como distribuição dos vegetais, animais ou homens, nós trabalhamos imbuídos de outro espírito. Fazemos climatologia, geral ou descritiva conforme o caso. (SORRE, 2006, p.89)

Existem dois aspectos importantes que Sant'anna Neto (2001) menciona, o primeiro a necessidade do domínio instrumental tecnológico, para que se possa obter novas possibilidades para análise, embora esse caráter sobre conhecimentos sobre as previsões e dinâmicas da atmosfera não seja o papel da Geografia, no entanto não se

pode ficar à deriva do que é produzido pelos meteorologistas, engenheiros e agrônomos, sob o risco de estagnarmos em um mundo onde a tecnologia está em constante aceleração. O segundo aspecto refere-se à incorporação da dimensão social na interpretação do clima na perspectiva da pesquisa geográfica. O que significa entender como a repercussão dos fenômenos atmosféricos ocorre em um território, que passa a ser alterado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado de acordo com interesse dos agentes sociais.

Ao considerar o clima como dinâmico e atribuir-lhe um caráter geográfico, Monteiro (1976) aplicou tais conhecimentos ao desenvolvimento do clima nos ambientes urbanos, o qual estabeleceu análises em relação ao processo climático urbano, a partir da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), com base nos pressupostos de Bertalanffy em 1950 e Bertrand em 1968, “assim, minha opção neste momento é a utilização da Teoria dos Sistemas como um quadro de referência teórico para o estudo do clima urbano” (MONTEIRO, 2003, p.16) , o Sistema Clima Urbano (S.C.U), pode ser definido como:

O S.C.U. visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é centrado essencialmente na atmosfera que, assim, é encarada como operador. Toda a ação ecológica natural e as associações aos fenômenos da urbanização constituem o conjunto complexo sobre o qual o operador age. Por isso, tudo o que não é atmosférico e que se concretiza no espaço urbano, incluindo o homem e demais seres vivos, constitui elementos do sistema, estruturando-se em partes que, através de suas reações, definem atributos especiais. Assim, esse conjunto complexo e estruturado constitui o operando do sistema. Pela sua natureza, é um tipo especial de operando, que não é estático ou passivo. (MONTEIRO, 2003, p.21)

Desse modo, o clima nas áreas urbanas deve ser compreendido como um sistema, a partir dos fluxos de entrada e saída de energia, e como esse ambiente modificado irá influenciar principalmente na saída dos fluxos de energia. No Quadro 1 observa-se a exemplificação, estabelecida por Monteiro (1976), demonstrando uma caracterização geral dos três canais de percepção.

Quadro 1- Sistema Clima Urbano (S.C.U) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção
(continua)

Caracterização	Subsistemas – Canais	I Termodinâmicos Conforto térmico	II Físico-Químico Qualidade do ar	III Hidrometeorológico Impacto meteorológico
Fonte		Atmosfera (radiação) – circulação horizontal	Atividade urbana, veículos automotores e indústrias obras- limpas	Atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema		Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação		Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção		Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento		Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação		Meteorologicamente especial (Trabalho de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (Trabalho de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas		Bioclimatologia – Arquitetura – Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra- estrutura urbana
Produtos		“Ilha de calor” – Ventilação – Aumento da precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos		Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa		Controle do uso do solo, tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo

Quadro 1- Sistema Clima Urbano (S.C.U) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção (conclusão)

Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza
------------------	------------------	-------	----------

Fonte: Adaptado pela Autora de Monteiro, C.A.F., 1976 *apud* MONTEIRO, 2003, p.46.

Sob a perspectiva das interações do clima com o ambiente, os *aspectos Geourbanos* estão diretamente relacionados com as características físicas do ambiente que a cidade foi construída no que tange a sua morfologia e funcionalidade. Os fatores *Geoambientais* destacam-se pela altimetria do relevo, exposição das vertentes, declividade, cobertura vegetal e hidrografia (ALVES; MARIANO, 2016).

Monteiro (1990b) destaca que os elementos Geoambientais estão imbricados nos Geourbanos sendo, portanto, de grande relevância inseri-los na compreensão do clima urbano. Contudo não se pode deixar de acrescentar na análise o que o autor define como “função urbana”, assim como os aspectos culturais e socioeconômicos.

A supressão da vegetação é um dos principais impactos que ocorrem nos ambientes urbanos e que resultam em alterações climáticas. A redução dos espaços verdes acaba resultando no desequilíbrio termodinâmico, com a ampliação das temperaturas nas cidades, com formações de ilhas de calor que causam desconfortos na população e prejudicam a qualidade do ambiente. O que pode ser verificado, quando se identifica uma grande diferença entre as temperaturas das áreas rurais e urbanas (LOWRY, 1967; KOPEC, 1970; OKE, 1978; LANSBERG, 1981).

As florestas urbanas prestam inúmeros benefícios para o clima, a partir das evidências que demonstram minimizam os efeitos climáticos locais, reduzem as ilhas de calor e dos extremos climáticos, promovem bem-estar e qualidade de vida, atenuam a radiação incidente e intensificam a sensações de conforto térmico (WADT, 2019).

Portanto, a partir dos pressupostos teóricos o clima engloba como vertentes os fenômenos atmosféricos, as unidades da paisagem e a produção social do espaço. A espacialização das informações é relevante para a caracterização climática e a compreensão do comportamento térmico e da higrometria, associados aos sistemas atmosféricos predominantes.

1.1 As escalas espaciais do clima e a topoclimatologia como delimitação da análise climática

As escalas espaciais do clima têm como fator preponderante a compreensão da abrangência dos fenômenos meteorológicos e como os aspectos geográficos os influenciam. “Os processos e formas climáticas são produto de fatores e elementos que interatuam entre escalas espaciais e temporais” (MENDONÇA et al., 2014).

O macroclima, mesoclima e microclima fazem parte da divisão das escalas climáticas, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ressaltam que pensando de forma hierárquica, o microclima estaria inserido no mesoclima e este por sua vez no macroclima.

O macroclima, compreende escala de maior dimensão, configurando os climas globais, zonais e regionais. Ribeiro (1993) o define a partir do clima zonal como uma extensão territorial entre 1.000 e 5.000 quilômetros, abarcando toda a atmosfera na vertical, sua relação tem como base a distribuição latitudinal da radiação solar, favorecendo na formação de vários climas zonais, a temporalidade da influência dos fenômenos podem durar de uma semana a seis meses.

Em relação aos climas regionais estes possuem uma extensão entre 150 e 2.500 quilômetros, e as interações dos elementos ocorrem abaixo da troposfera, a duração dos estados oriundos dos centros de ação e das frentes tem uma duração, em média, de 1 a 30 dias (RIBEIRO, 1993).

As análises da vegetação no macroclima podem mostrar as alterações que ocorrem em virtude das mudanças climáticas globais. Gundale et al. (2012) realizaram um experimento para identificar os efeitos das alterações macroclimáticas no aumento da floresta boreal, no norte da Suécia, entre 2007 e 2009, constatando que em casos de temperatura elevada e precipitação reduzida, os efeitos podem gerar alterações no crescimento dos musgos, estes podem diminuir o seu desenvolvimento. Assim, um dos principais problemas ocasionados por mudanças climáticas globais e até mesmo regionais, são as alterações nas formações florestais e no equilíbrio de diversos ecossistemas no mundo.

A regionalização das características climáticas a partir de uma escala macro, relaciona-se com grandes extensões quanto a sua abrangência, para Monteiro (1971):

[...] a insistência no caráter “regional” advém do fato de que o ritmo de sucessão de tipos de tempo se expressa no espaço geográfico na escala regional. Os mecanismos da circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em “sistemas” que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente através do ritmo de sucessão dos tipos de tempo. (MONTEIRO, 1971, p.12)

Desse modo Monteiro (1971) traz como base fundamental, que a análise climática sob a perspectiva regional, promove uma individualização do clima, o que garante uma melhor qualidade nas informações geradas, possibilitando o desdobramento para a compreensão do clima em escalas locais e micro.

Com o panorama de que o clima regional incute sobre o clima local, estudos como os que foram realizados por Globo et al. (2018) com o objetivo de estabelecer a influência do clima regional no clima local no Rio Grande do Sul, mostraram por meio de um agrupamento dos dados de temperatura do ar e velocidade dos ventos que as escalas superiores transferem suas informações para as escalas inferiores, ou seja, em outras palavras, os fenômenos atmosféricos que são formados nas escalas macro atuam nas escalas locais e microclimáticas.

O mesoclima constitui uma unidade intermediária, estando entre o macroclima e o microclima. O clima local e o topoclima também configuram-se como subunidades do mesoclima. O clima local relaciona-se com os climas de uma grande cidade, litoral, floresta, entre outros. Já o topoclima é definido pelo relevo, colocando de forma objetiva (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

As variações dos elementos climáticos, quando trata-se de clima local ou topoclima são maiores no seu interior, uma vez que temos a ação das feições fisiográficas ou antrópicas que irão interferir no fluxo energético ou no transporte de massa de circulação regional (RIBEIRO, 1993).

O microclima é a menor escala em termos de extensão da ocorrência dos fenômenos, a variabilidade térmica e higrométrica é constante, considerando que os fatores geográficos as influenciam. O microclima pode desenvolver-se em ruas, praças, casa etc., portanto devido a sua constante variabilidade torna-se difícil determinar sua precisão. No entanto, quando trata-se de estudos referentes ao clima urbano, esta é uma das escalas mais investigadas, considerando que as alterações provocadas pela urbanização favorece a formação de microclimas.

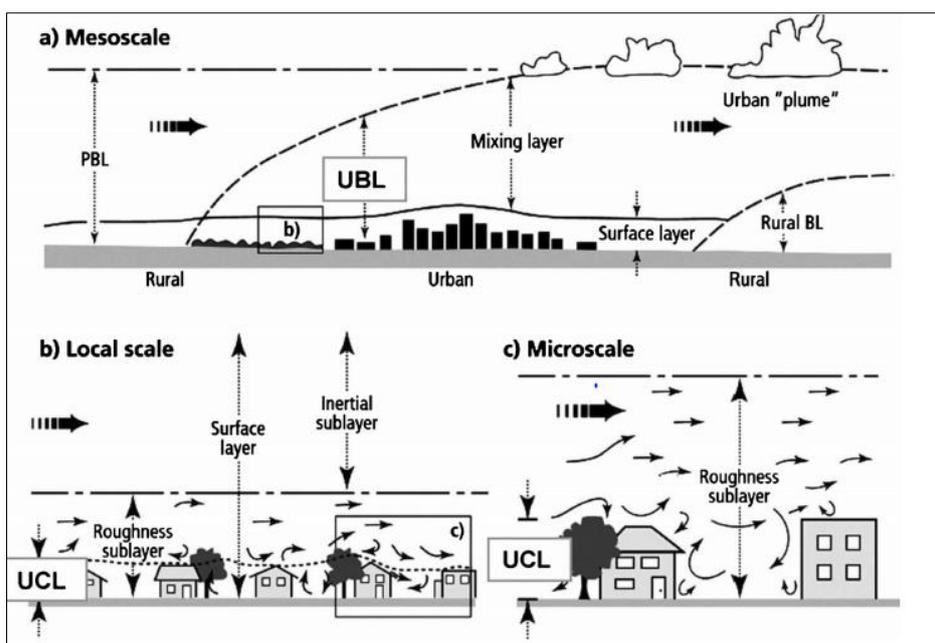
As condições térmicas e higrométricas quando analisadas no contexto da climatologia urbana assumem um papel fundamental, uma vez que estas sofrem intensas

variações no ambiente urbano, sendo influenciadas pelos materiais existentes. A substituição da cobertura natural do solo por pedras, cimento e o asfalto, considerando a geometria urbana e suas características, e as alterações na composição da baixa atmosfera resultantes das atividades humanas (GANHO, 1999).

As influências no clima urbano podem atingir as variações de escalas verticais, para tanto Oke (1978) as definem em duas camadas : a Urban Canopy Layer (UCL), ou seja, a camada que corresponde do solo indo até acima dos prédios, configurando-se como a parte intra-urbana; e a Urban Boundary Layer (UBL), que é a camada superior, acima dos prédios, ela faz parte da atmosfera urbana, aonde os efeitos da urbanização ainda exercem domínio.

De acordo com Oke (op.cit.) é preciso reconhecer a relação entre a geometria urbana e a área de superfície ativa, a importância da estrutura dos edifícios e o interior deles, com relação a temperatura controlada artificialmente e o calor emitido por eles. Na Figura 1 observa-se o esquema ilustrando a UBL que inclui suas camadas verticais e escalas, assim como a UCL em escala local e microescala, as setas pontilhadas verticais indicam a extensão espacial de cada camada, as setas escuras e sólidas indicam a direção do fluxo de ar.

Figura 1- Esquema da UBL em mesoescala e UCL em escala local e microescala



Fonte: Oke (1997) figura extraída GOSLING, Simon et al. A glossary for biometeorology. international Journal of Biometeorology, fev. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260253715_A_glossary_for_biometeorology>. Acesso em: 19 jan. 2020.

Diferentes planejamentos, formas de construção e composição dos espaços abertos podem ter diversos efeitos sobre o clima local, dentro de uma área urbana. A disposição dos edifícios e a cobertura do solo nos complexos habitacionais são consideradas variáveis para o processo de troca de ar e do conforto térmico (HENNINGER, 2011).

As variações ocorridas dentro do clima urbano em relação as temperaturas e umidade relativa do ar afetam a qualidade do ambiente e de vida, devendo ocorrer o planejamento e a mitigação da intensidade de tais efeitos, assim a vegetação constitui um importante componente natural capaz de favorecer na redução da temperatura, aumento da umidade e melhorias na qualidade do ar.

1.1.1 A Topoclimatologia

O topoclíma é entendido como o clima de uma determinada área local ou de uma área pequena. Ele se desenvolve sob o impacto de fatores locais e em função do perfil topográfico, cobertura do solo, vegetação e nas relações entre água e solo, ao mesmo tempo que influencia no desenvolvimento desses elementos. Na hierarquia da climatologia, o topoclíma ocupa uma posição entre o mesoclíma e o microclíma (KOLENDOWICZ; BEDNORZ, 2010).

Ao contrário dos processos climáticos de macroescala, o topoclíma e o microclíma estão fortemente relacionados com as propriedades do relevo e da superfície, com o ângulo de inclinação, o albedo da superfície e a rugosidade. Tais propriedades do terreno criam condições para microclimas específicos, que, por sua vez, irão neutralizar os micro-habitat associados e modificar suas propriedades de superfície até que o estado de equilíbrio seja alcançado (LITTMANN, 2008).

Elementos como a radiação solar serão influenciados pela orientação das vertentes, podendo a incidência dos raios serem maiores em uma vertente e menos na outra, conforme a exemplificação na Figura 2, onde observa-se que a vertente norte recebe maior radiação solar do que as vertentes sul e sudoeste, favorecendo assim que o plantio de espécies agricultáveis ocorra na vertente norte, além de fatores como a altitude e vegetação.

Figura 2- Exemplificação das diferenças da incidência da radiação solar nas vertentes.



Fonte: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Aula3_2012.pdf acesso em 20/01/2021.

Em um estudo realizado na Serra de Itatiaia, especificamente nas vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Preto – MG/RJ, conclui-se que o relevo tem atuação na formação de topoclimas e atuando sobre os elementos climáticos. Os autores constataram que parte da porção sudeste da área de estudo sofreu acréscimos nas temperaturas de superfície devido a orientação das vertentes voltadas para norte, além das cotas altimétricas menores (OLIVEIRA et. al., 2018).

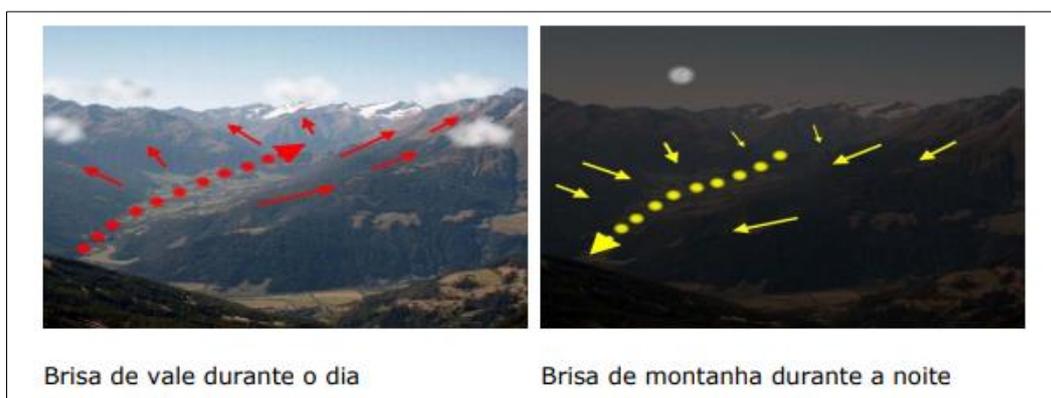
Fialho e Azevedo (2008) enfatizam que em uma situação de características topográficas, em locais com vales fechados, que ficam abrigados do vento, as condições climáticas de fora e de dentro da cidade terá maiores diferenças, do que se a cidade estiver situada em um planalto exposto ao vento. O destaque dos autores para este fato, deve-se a análise que realizaram do município de Viçosa-MG, localizado na Zona da Mata Mineira, apresentando entre as suas características fisiográficas, morros e vales encaixados.

Machado (2016) estabeleceu um mapeamento para os topoclimas existentes na cidade do Nova Lima – MG, e encontrou em seu estudo dados que podem auxiliar na compreensão da diversidade topoclimática e a influência dos fatores sobre os elementos climáticos. A autora encontrou como principais resultados áreas que são aquecidas devido a orientação das vertentes, ainda que estejam nas maiores cotas altimétricas, isso de fato retira a visão generalizadora de que quanto maior a altitude menor é a temperatura, principalmente nas vertentes voltadas para o norte. Em contrapartida os fundos de vale, as áreas mais rebaixadas do relevo tendem a ter uma atenuação na

temperatura, sobretudo a noite, essa condição é favorecida pelo transporte do ar frio do topo para o fundo de vale, quando as vertentes dos fundos de vale possuem uma densidade significativa de arborização, a redução na temperatura acaba ocorrendo de forma mais efetiva.

Conforme observa-se na Figura 3, a relação do aquecimento do topo para o vale, gera sistemas atmosféricos diferenciados, que irão culminar na circulação e formação de nuvens, o que é comumente conhecido como brisa de vale e brisa de montanha, durante o dia com a brisa de vale, o topo aquece-se mais rapidamente que o vale, devido a incidência do ângulo da radiação, a diferença no aquecimento resulta em um sistema de alta pressão no vale e um sistema de baixa pressão no topo, a circulação entre os sistemas ocorre do vale para o topo, que resulta na formação de nuvens. A noite, quando cessa a radiação, o topo resfria-se mais rápido e vale encontra-se aquecido, a circulação ocorre do topo para o vale, gerando a brisa de montanha.

Figura 3- Exemplificação das brisas de vale e brisa de montanha



Fonte: <http://dca.iag.usp.br/material/apereira/old/9300001/pdf/listas_gabaritos/GABARITO%204%AA%20%20LISTA%20DE%20EXERC%20CDCIOS.pdf> acesso em 25/01/2021

Conforme ressalta Fialho (2020, p.2) “A topografia pode possibilitar o surgimento de variações ambientais substanciais em escalas espaciais ao nível do detalhe, por ser moldada pela declividade da vertente, posição da colina e as elevações do entorno, que podem sombrear.” Os sombreamentos que ocorrem podem interferir em respostas diferenciadas em relação a temperatura e vegetação, até mesmo no comportamento espectral nas imagens de satélite. As sombras projetadas pela topografia afetam na radiação solar direta, e podem prejudicar a interpretação ou o processamento de uma imagem (GILES, 2001).

O topoclima não está apenas relacionado com as observações e sistematizações dos tipos de tempos atmosféricos e na elaboração de prognósticos climáticos, mas

também associa-se ao desenvolvimento cultural, conforme identificaram Aravena et al. (2018) sobre a organização dos povos andinos, demonstrando que o topoclima faz parte de suas bases na construção social e estabelece as fases da vida cotidiana das comunidades. Para os povos que habitam a região andina no Chile, os Aymaras, o relevo e o clima exercem uma função vital nos seus sistemas produtivos e na conservação do solo e da água “A topoclimatologia coopera com tal ideia, considerando a distribuição das formas climáticas locais e a sua associação com práticas socioeconômicas, rituais e culturais” (ROMERO et al., 2019, p.18).

A radiação solar incide de modo diferenciado nas vertentes de um maciço, o que irá ocasionar em respostas diversas em relação a temperatura, umidade e até mesmo na composição da vegetação. Nem toda a radiação solar que entra no sistema atmosférico é totalmente absorvida, algumas transformações ocorrem:

Ao atravessar a atmosfera, a radiação solar pode sofrer atenuação pelos fenômenos da reflexão, absorção e difusão em virtude do contato das ondas eletromagnéticas com os gases constituintes da atmosfera, nuvens e/ou com partículas em suspensão; todavia, esses fenômenos não são suficientes para reter todo o espectro de radiação solar, em que um percentual atravessa a atmosfera sem qualquer interação (radiação direta) e, em conjunto com a componente difusa (seletiva e não seletiva, dependendo das dimensões da partícula atenuante) atinge a superfície do solo formando a radiação solar global que, por sua vez, ainda depende, em planos inclinados, da contribuição da componente refletida interceptada. (SOUZA e ESCOBEDO, 2013, p.493)

A variabilidade na elevação, inclinação, aspecto e sombreamento pode levar a grandes gradientes nos campos de radiação solar incidente e líquido. A resposta da vegetação a esses gradientes muitas vezes pode ser expressiva, como na distribuição desta nas encostas voltadas para o sul e para o norte (DUBAYAH, 1994).

A radiação direta e a difusa que são absorvidas pela superfície, são distribuídas em calor sensível, calor latente e condução de calor no solo (Ynoue et al., 2017). Wang et al. (2020) publicaram um estudo demonstrando a necessidade de compreensão da radiação solar total e também das radiações direta e difusa na produção de alimentos na China uma vez que processos antrópicos com lançamento de gases poluentes e erupções vulcânicas podem afetar entrada de radiação e conseqüentemente no processo de fotossíntese das plantas, servindo de base para a redução da poluição por parte do governo.

O conhecimento das condições de insolação é essencial em pesquisas sobre balanço térmico e também sobre a situação térmica e balanço hídrico. O relevo variado é o principal fator gerador das diversas incidências da insolação, a sua maior parte

atinge os locais de planaltos e encostas de alta altitude (WOJKOWSKI; CAPUTA, 2016).

Dentro de uma floresta segundo Maciel et al (2002) fatores que irão afetar na incidência solar estão relacionados com a posição do sol, as condições atmosféricas e a estrutura da vegetação, ou seja, quanto mais denso for o dossel, menos intenso será a chegada dos raios até o solo. A interação entre atmosfera e radiação em um ambiente florestado irá resultar na formação de diferentes microclimas, sendo necessário também considerar que cada tipo de vegetação, além da fauna, estarão adaptados para suportarem uma quantidade de radiação solar específica.

A radiação solar global “representa a quantidade de energia radiada pelo sol. Isso obviamente, pode variar dependendo da estação do ano, da hora do dia (zero à noite), da nebulosidade e do nível de poluição atmosférica” (GARTLAND, 2010, p.28). A medição da radiação solar é representada pela unidade Kwh/m^2 que é chamada de irradiância. A utilização eficiente da energia solar requer conhecimento da irradiância solar real que atinge a superfície da terra (Shenoy et al, 2018).

Tscholl et al. (2021) estabeleceram uma metodologia que inclui um fator de correção que combina dados da radiação solar e a cobertura de nuvens para melhorar as previsões de temperatura do ar em áreas de relevo montanhoso, a técnica foi aplicada na região de Tirol do Sul (Alpes Centrais da Itália). Para os autores a radiação solar e a cobertura de nuvens influenciaram fortemente na temperatura do ar local, o que culmina no crescimento das espécies vegetais, portanto para entender o desenvolvimento dessas espécies, é preciso prever as condições topoclimáticas locais.

1.2 Classificação e definição de Unidades Climáticas

A definição de unidades climáticas promove a compreensão de uma climatologia dinâmica e heterogênea. Conforme Sant’anna Neto (2013), considerando uma escala regional onde as interações atmosféricas ocorrem tanto por circulação regional quanto por outros domínios atmosféricos, estes são influenciados por fatores geográficos, que podem ampliar ou até mesmo reduzir os atributos climáticos. Assim, pode-se ter dentro de uma mesma região processos que resultem em áreas com mais precipitações do que outras, ou seja, tais sistemas são alterados em função de sua posição, da orientação das

vertentes, proximidade com o mar, além de diferenças térmicas ocasionadas pela altitude, e pela continentalidade.

O professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro em 1973 estabeleceu feições climáticas individualizadas em relação ao clima no Estado de São Paulo, a partir das unidades da paisagem, gerando um mapa com as classificações climáticas compartimentadas (SANT'ANNA NETO, 2013).

Ainda de acordo Sant'anna Neto (2013):

As estratégias de análise permitem a identificação dos tipos de clima por meio da caracterização, da comparação e da classificação climática, tanto através das redes e transectos espaciais e temporais, quanto pelo mapeamento sistemático. O uso da estatística aplicada é fundamental para compreensão da variabilidade dos elementos do clima e identificação da periodicidade e ciclicidade de episódios normais e extremos. (SANT'ANNA NETO, 2013, p. 85)

As unidades de conservação são conhecidas pelas benesses que proporcionam na preservação das espécies de fauna e flora, na manutenção dos mananciais e na regulação climática, justamente devido a presença de vegetação e água. Contudo, os climas locais existentes no interior das unidades de conservação ainda são pouco estudados. Wollman (2014) destaca que o monitoramento climático das unidades de conservação ainda constitui um ramo pouco estudado, o que poderia de certa forma ser de muito auxílio na elaboração dos planos de manejo dessas unidades.

Alguns estudos estão sendo elaborados que associam as florestas urbanas e suas adaptações as mudanças climáticas. Brandt et al. (2016) enfatizam que tanto, as árvores e florestas urbanas podem ser vulneráveis às mudanças climáticas, por meio de alterações que podem ocorrer na adequação habitat das árvores, e com a proliferação de pragas e doenças mediante aos eventos extremos.

Para Weissert et al. (2014) as florestas urbanas podem minimizar os efeitos de um dos principais gases poluidores e que contribuem no aumento do efeito estufa o Co₂ (Dióxido de Carbono), a vegetação urbana pode ser incluída dentro da política de mitigação das mudanças climáticas urbanas, que por sua vez poder atuar como um sumidouro local para reduzir Co₂ atmosférico.

A maior parte dos planos de manejo incluem a caracterização climática regional, mas não considera os diferentes microclimas e topoclimas que se desenvolvem em virtude das características fisiogeográficas e das interferências antrópicas. No plano de manejo do PEPB (INEA, 2013) são incluídas as dinâmicas atmosféricas regionais atuantes, assim como dados de estações meteorológicas localizadas nas vertentes, de

1997 a 2005, considerando as informações pluviométricas, a normal climatológica inclui a temperatura e precipitação para o município do Rio de Janeiro de 1961 a 1990 do INMET, e como classificação climática de Köpen em escala mesoclimática.

Dentre algumas pesquisas em Unidades de Conservação em relação ao clima, Serafini Júnior (2005) realizou a classificação climática do Parque Nacional das Cavernas do Peruaçu-MG, a partir da identificação das unidades da paisagem, seguindo a teoria dos Geossistemas, utilizando dados meteorológicos obtidos em escala regional e escala local, sendo possível demarcar os comportamentos climáticos diferenciados de acordo com a composição da paisagem e uso do solo.

O mesmo autor em 2010 estabeleceu um diagnóstico do microclima de uma vereda degradada no Parque Estadual Veredas do Peruaçu – MG, utilizando para tanto uma compartimentação das escalas climáticas, com a escala local obtendo dados de estações meteorológicas já instaladas, e na microclimática selecionando pontos de amostragem e inserindo os abrigos meteorológicos com equipamentos de medição portáteis. O autor constatou que as alterações microclimáticas vêm ocorrendo desde o início das ocupações, principalmente para atividades agropecuárias, e tais impactos intensificaram-se, mostrando nos resultados um aumento da temperatura do ar e redução da umidade relativa nas áreas mais degradadas (SERAFINI JÚNIOR, 2010).

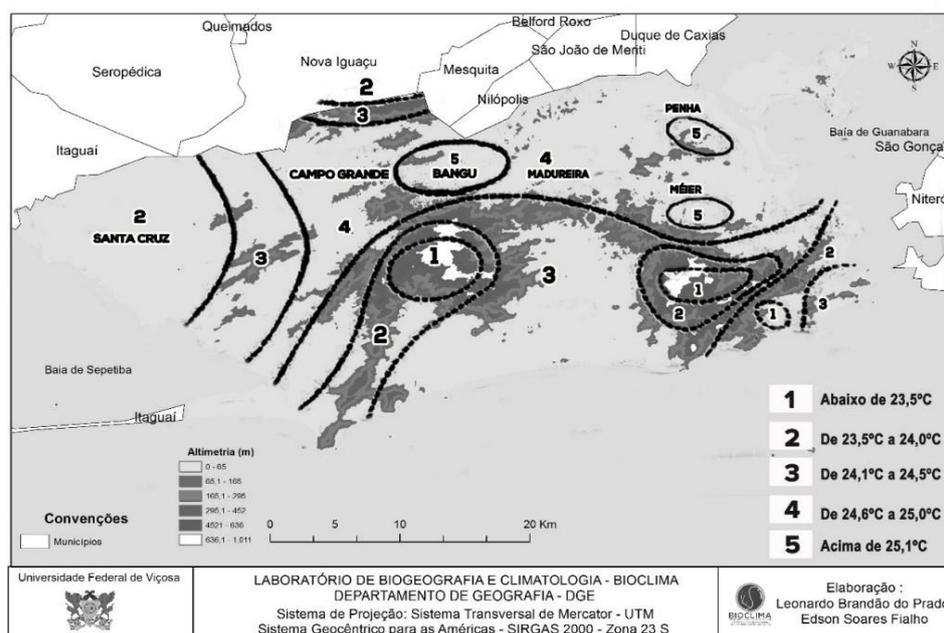
O trabalho realizado por Aouad (1983) do qual a autora denomina como uma tentativa de classificação climática para o Estado da Bahia, a mesma utilizou de técnicas estatísticas de análise fatorial e de agrupamentos para estabelecer uma compartimentação das características climáticas, considerando para tanto a temperatura, a pluviosidade e o balanço hídrico, coletados a partir de 127 pontos de observação, na Figura 5 observa-se o mapeamento climático que foi realizado.

Salvi (1984) utilizando a metodologia empregada por Aouad em 1978 estabeleceu uma tipologia climática para o Estado de São Paulo, considerando como período de amostragem os anos de 1967 a 1976, foram selecionados no estudo 44 postos meteorológicos, os atributos térmicos e pluviométricos fizeram parte das análises, optou-se por trabalhar com as médias mensais dos quatro meses (janeiro, abril, julho e outubro) centrais das estações do ano, para evitar possíveis mascaramentos de informações sazonais, com a divisão em 6 grupos: coordenadas de localização; temperatura média compensada; temperatura máxima; temperatura mínima; umidade relativa; e precipitação. Com base na segmentação do relevo foi estabelecida a

classificação climática, identificando e espacializando as regiões mais úmidas e as mais secas dentro do Estado.

Brandão (1996) a partir das análises estabelecidas para compreender a dinâmica climática urbana do Rio de Janeiro, conseguiu organizar um mapa de unidades climáticas (Figura 4) para o município, identificando 5 unidades climáticas após os experimentos de mensuração da temperatura. Assim destacam-se as unidades: 1 – na maior cota altimétrica dos maciços da Tijuca e Pedra Branca (temperaturas abaixo de 23,5°C); 2 – nas cotas intermediárias dos maciços, e no bairro de Santa Cruz (temperaturas entre 23,5°C e 24°C); 3 – nas baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba, e na zona sul e centro da cidade (temperaturas entre 24,1°C e 24,5°C); 4 – em grande parte da zona norte e do bairro de Campo Grande; 5- observa-se nos bairros de Bangu, Penha e Méier (com temperaturas acima de 25,1°C).

Figura 4- Proposta de Unidades Climáticas para o Rio de Janeiro de Brandão (1996)

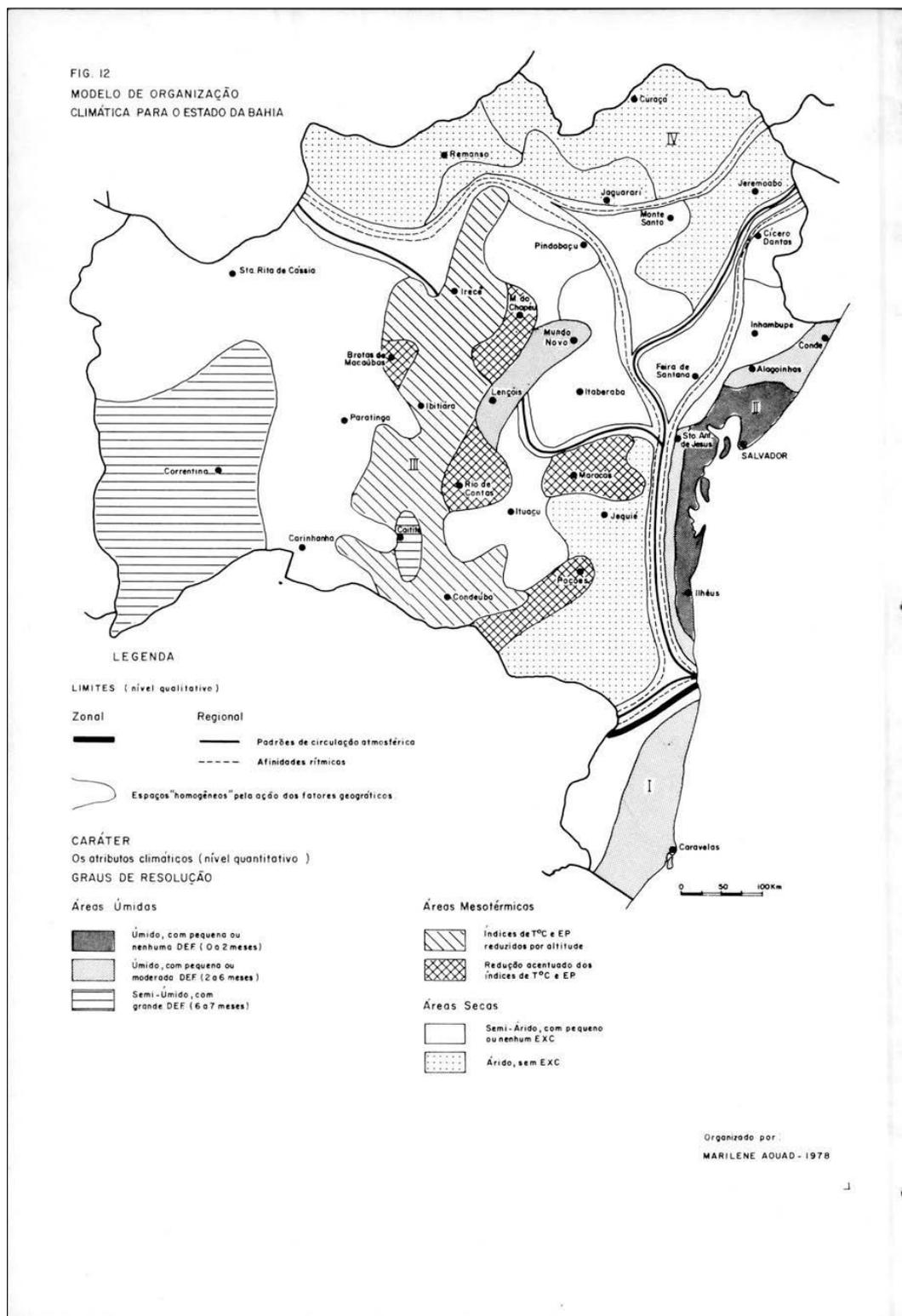


Fonte: Fialho (2018, p.30) adaptado de Brandão (1996)

Ao discorrer sobre a importância da definição das unidades climáticas Silva e Jardim (2019, p.13) enfatizam que “(..)à delimitação das unidades climático-ambientais refere-se à necessidade de ordenamento espacial dos componentes do meio, que facilita a realização de diagnósticos ambientais visando o planejamento territorial e aproveitamento sustentável dos recursos naturais”. Desse modo podem-se se aplicados nas unidades de conservação, considerando a necessidade incorporar informações ao

plano de manejo. Como forma de estabelecer um melhor zoneamento, de acordo com os tipos climáticos encontrados, é possível verificar quais ações devem ser empregadas como as áreas que necessitam ser reflorestadas, àquelas que podem apresentar condições mais secas e, portanto, favorecer em determinadas épocas do ano aos incêndios florestais. A partir das condições climáticas torna-se possível identificar os eventos de maior vulnerabilidade.

Figura 5- Modelo de organização climática para o Estado da Bahia proposto por Aouad (1983)



Fonte: Aouad (1983, p. 30)

Algumas delimitações topoclimatológicas já foram realizadas, utilizando dados geocológicos e observando as condições atmosféricas com a organização de pontos de coleta para temperatura e umidade relativa no trabalho desenvolvido por Machado e Assis (2017) os autores associaram os mapeamentos gerados pela análise multicritério

com as informações meteorológicas obtidas em campo, conseguindo segmentar 7 topoclimas na porção norte do município de Nova Lima (MG). Para o clima urbano Fialho (2010) elaborou um mapa de unidades topoclimatológicas urbanas para a Ilha do Governador (bairro do município do Rio de Janeiro) com o registro da temperatura obtidas através do método dos transectos, o autor identificou e mapeou essas unidades associando-as com as variações térmicas com o uso do solo urbano, os fluxos urbanos, e com as ilhas de calor urbanas.

Os elementos climáticos atrelados com a dinâmicas das massas de ar e com a topografia foram considerados por Silva e Jardim (2019) na realização das unidades climáticas da região de Unaí no Noroeste de Minas Gerais (MG), os autores utilizaram os dados de altimetria, além da temperatura, umidade do ar, pluviosidade; déficits e excedentes hídricos, evapotranspiração potencial, com base na coleta de estações meteorológicas espalhadas pelo estado, para assim elaborarem os mapeamentos gerando as segmentações climáticas, para uma região que apresenta um maior déficit hídrico do que excedente. Ainda de acordo com os autores, não se podem estabelecer as unidades do clima, considerando apenas os aspectos relacionados a dados meteorológicos, mas é preciso conjugá-los com demais fatores que podem influenciar na variabilidade dos elementos.

Não se trata apenas de delimitar unidades espaciais com base na resposta do valor do atributo climático ou outro dado colhido em superfície, sem explorar as relações de causa, ou seja, dos fatores que desencadearam a variação do dado colhido em superfície e os efeitos produzidos no ambiente. Por outras palavras, a delimitação das unidades climáticas deve avançar no sentido de elucidar a gênese (insumo energético), dinâmica dos componentes do sistema climático (transformação da energia pelos fatores ou controles dinâmicos e de superfície e variação-resposta dos elementos do clima) e efeitos sobre o espaço ou impactos ambientais, do qual o próprio clima configura como um dos resultados. (SILVA; JARDIM, p.23, 2019).

1.2.1 Classificação das Unidades Climáticas Segundo Novais

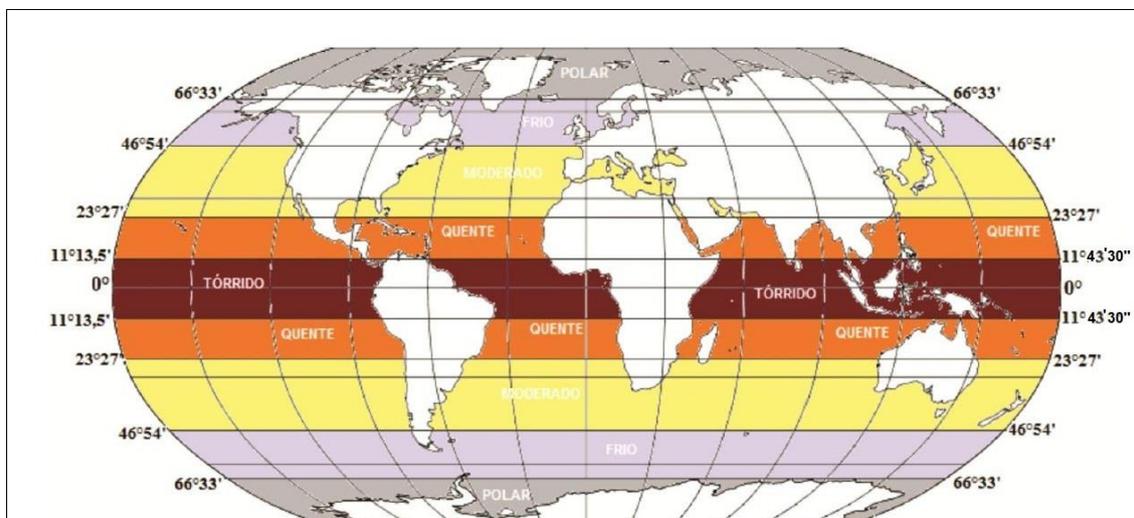
Novais (2016) iniciou alguns ensaios preliminares para uma nova abordagem climática que pudesse inserir as variações de temperatura e precipitação, a quantidade de meses secos, a atuação de sistemas atmosféricos como as frentes frias e a ocorrência de geadas, que resultaram na apresentação dos tipos e subtipos climáticos do Cerrado.

As zonas climáticas da Terra são definidas considerando a altura do sol, ou seja, o ângulo dos entre os raios solares e a sua tangência na superfície terrestre, que mostra a

incidência da radiação. A linha do Equador (com Distância Zenital máxima de $23^{\circ}27'$) recebe uma alta incidência de radiação solar, nessa latitude, o sol fica “a pino” duas vezes no ano. Na latitude tropical (Distância Zenital Máxima de $46^{\circ}54'$) a maior incidência solar ocorre entre a primavera e o verão, principalmente com a proximidade do solstício, o sol “a pino” acontece uma vez no ano. Nas faixas subtropicais (distância zenital de $23^{\circ}27'$ a $70^{\circ}21'$), o sol não fica a zênite, ou seja, em sua altura máxima e nas latitudes polares ($66^{\circ}33'$ norte e sul), com uma grande distância zenital solar, podendo ocorrer no verão iluminação por 24 horas, e no inverno ou o sol não aparecer no horizonte por 24 horas no solstício de inverno (NOVAIS, 2017).

Assim, as zonas climáticas são divididas no globo terrestre em: polar, frio, moderado, tórrida e quente, conforme observa-se na Figura 6:

Figura 6- Zonas climáticas da Terra



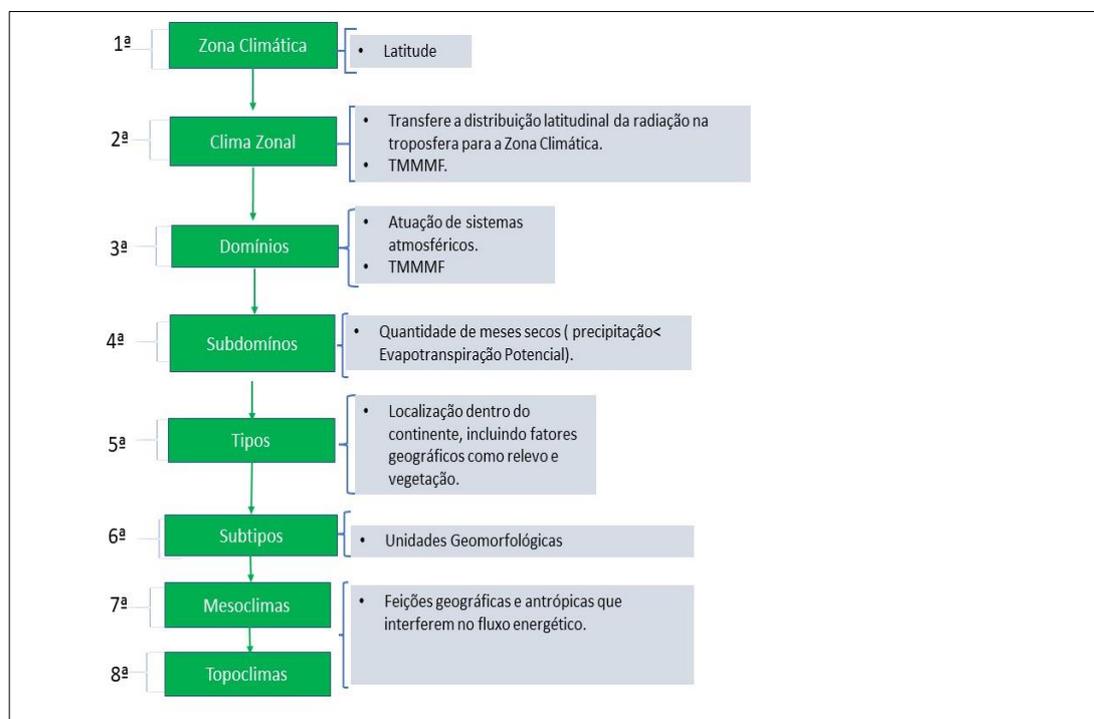
Fonte: Adaptado de Novais (2017, p.1617)

As características de cada zona realizadas por Novais (2017), destaca que o clima a *Zona Climática Tórrida* que está situada sobre o equador, na latitude $11^{\circ}43'30''$, norte e sul, é uma zona que recebe insolação durante todos os meses do ano, com duração de dias e noites de forma igual, com sol a pino duas vezes ao ano. A *Zona Climática Quente*, situa-se entre as latitudes $11^{\circ}43'30''$ e a $23^{\circ}27'$, norte e sul, na zona o Sol alcança o seu zenite durante o solstício de verão, sendo mais baixo durante o inverno, marcando dois períodos, um com insolação máxima e outro com menor insolação. Na *Zona Climática Moderada*, delimitada nos trópicos $23^{\circ}27'$ e nos subtrópicos $46^{\circ}54'$, em nenhum momento o Sol atinge o seu zênite, com temperaturas

mais baixas e com diferenças marcantes da duração do sol, entre os períodos de solstícios de inverno e verão, quando comparadas com as zonas Tórrida e Quente. A *Zona Climática Fria* se estende da linha da latitude $46^{\circ} 54'$, norte e sul, até as latitudes polares $66^{\circ} 33'$, norte e sul, configura-se como uma zona de transição entre as zonas moderadas e polares, durante o inverno o sol pode ficar por 24 horas sem aparecer no limite com o círculo polar. A *Zona Climática Polar*, com um regime de predomínio solar de seis meses de noite e seis meses de dia, com contrastes máximos que são verificados em relação a incidência solar.

Com as definições das zonas climáticas da terra, a proposta de classificação climática de Novais, possui oito hierarquias (Figura 7), que podem ser determinadas e posteriormente sobrepostas como um mapeamento de unidades climáticas.

Figura 7- Hierarquias da classificação climática



Fonte: adaptado de Novais (2021). Organização: A Autora, 2022

Na primeira ordem as Zonas Climáticas configuram-se a partir do principal fator que é a Latitude. na segunda ordem da hierarquia os Climas Zonais são delimitados pela TMMMMF (Temperatura Média do Mês Mais Frio), desse modo, existem as seguintes classificações: o *Clima Zonal Tórrido*, que tem a sua origem na zona Tórrida, com a TMMMMF acima de $22,5^{\circ}\text{C}$, e apresenta temperaturas elevadas durante todo o ano; o *Clima Zonal Quente*, com TMMMMF entre 15°C e $22,5^{\circ}\text{C}$, temperaturas elevadas na

maior parte do ano, apresentando leve queda durante o inverno, sendo mais perceptível na zona de transição para o Moderado, o clima zonal quente também pode ultrapassar as regiões serranas da Zona Climática Tórrida e no litoral da Zona Climática Moderada, com temperaturas que podem ficar abaixo dos 22,5°C; O *Clima Zonal Moderado*, localizado a partir dos trópicos, sua TMMMF fica em torno de 0 a 15°C, região que pode ocorrer quedas bruscas nas temperaturas durante o inverno, e aumenta a possibilidade de geadas; o *Clima Zonal Frio* tem a TMMMF entre 0°C e 15°C negativos, com verões quentes a moderado, outono e primavera de moderado a frio e invernos muito frios, apresenta grandes diferenças de insolação e temperaturas durante as estações do ano; o *Clima Zonal Polar* com a TMMMF abaixo dos 15°C negativos, temperaturas extremamente baixas durante a maior parte do ano, com grandes contrastes na entrada de energia solar.

No Brasil só existem a ocorrência de três climas zonais: o Tórrido, o Quente e o Moderado.

Na terceira hierarquia delimita-se os domínios, que possuem a TMMMF com sua principal variável, a exceção é para os domínios árido e semiárido, estabelecidos pelos meses secos, e podem pertencer a mais de um clima zonal. Os sistemas atmosféricos como as zonas de convergência, os anticiclones, as frentes frias e formações de geadas, servem de parâmetros.

Os domínios são classificados em: *Equatorial* (TMMMF acima de 22,5°C, com influência da ZCIT); *Equatorial Ameno* (TMMMF entre 18°C e 22,5°C, com influência da ZCIT); *Tropical* (TMMMF acima de 18°C, sem influência da ZCIT); *Tropical Ameno* (TMMMF entre 15°C e 17,9°C); *Subtropical* (TMMMF entre 10°C e 14,9°C, com possibilidade de uma geada por ano); *Subtropical Frio* (TMMMF entre 0°C e 9,5°C); *Semiárido* (12 meses secos, precipitação média anual acima de 500 mm); *Árido* (12 meses secos, precipitação média anual abaixo de 500 mm) (NOVAIS, 2019, 2021).

Na quarta hierarquia tem-se os subdomínios, que apresentam a ETP (Evapotranspiração Potencial) com os meses secos para a sua definição. A ETP, é obtida a partir da planilha de Balanço Hídrico de Rolim et al. (1998), que elaboraram os cálculos na planilha a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Desse modo, os *subdomínios* são caracterizados: Úmido (0 a 3 meses secos); Semiúmido (4 a 5 meses secos); Semisseco (6 a 7 meses secos); e Seco (de 8 a 11 meses secos) (NOVAIS, 2019).

Prosseguindo na quinta hierarquia estabelece-se os tipos climáticos, que são definidos pela localização dos domínios e subdomínios no continente, e tem como parâmetro fatores geográficos como o relevo e vegetação. O tipo encontra-se na transição entre os domínios e subdomínios, sendo controlado pelos sistemas meteorológicos que atuam na região (NOVAIS, 2019,2021). O Quadro 2 possui as principais classificações estabelecidas até a quinta hierarquia.

Quadro 2- Domínios, subdomínios e tipos climáticos

Domínio Climático	Subdomínio Climático	Tipo Climático
Equatorial	Úmido Semiúmido Semiseco Seco	Amazônico Litorâneo Nordestino
Equatorial Ameno	Úmido Semiúmido	Amazônico
Tropical	Úmido Semiúmido Semiseco Seco	Central Litorâneo Meridional Nordestino Ocidental Setentrional
Tropical Ameno	Úmido Semiúmido Semiseco Seco	Central Litorâneo Meridional Nordestino
Subtropical	Úmido Semiúmido Semiseco	Litorâneo Meridional Setentrional
Subtropical Frio	Úmido	Meridional Setentrional
Árido	-	Nordestino

Fonte: Novais (2021, p. 13)

Os subtipos climáticos são definidos em uma escala regional da Unidade Geomorfológica, ou seja, são delimitados por sua localização, demonstrando a relação da topografia com os sistemas atmosféricos. Nas escalas do clima, essa hierarquia encontra-se no sub-regional e local (NOVAIS, 2021).

Novais, et al. (2018) delimitaram até a sexta hierarquia as unidades climáticas para o Triângulo Mineiro, conforme observa-se na Figura 8, o mapa com a sobreposição dos domínios, subdomínios, tipo e subtipos:

com um importante remanescente de floresta de mata atlântica dentro da cidade do Rio de Janeiro.

1.3 Influência da vegetação no clima

A vegetação purifica o ar por fazer a fixação de poeiras e materiais residuais e pela reciclagem de gases através da fotossíntese; realiza a regulação da umidade e da temperatura do ar; mantém a permeabilidade, fertilidade e a umidade do solo, protegendo-o da erosão, funciona como redutor de ruído, servindo como amortecedor do barulho das cidades (GOMES e SOARES, 2003).

Após 1500, a exploração portuguesa iniciou um processo que perdura até os dias atuais, principalmente em relação a mata atlântica que foi extremamente devastada. Começando pelas atividades extrativistas do pau-brasil, prosseguindo com a derrubada de áreas florestadas dando lugar ao cultivo de espécies exóticas, com a descoberta de ouro e diamantes, a atividade de mineração transformou várias regiões escalvadas, o avanço da ocupação humana pelo território, sendo muito maior no litoral. No século XX a explosão demográfica, o extrativismo predatório e as práticas de monocultura e pecuária, somados a poluição atmosférica, degradação dos solos e a contaminação hídrica, contribuíram para grande redução das florestas originais (DEAN, 1996). O crescimento urbano teve um papel na drástica diminuição da vegetação, à medida que as construções vão se expandindo percebe-se a retração das florestas, os poucos fragmentos existentes de mata atlântica continuam sendo ameaçados.

Cabe aqui no texto estabelecer um destaque em relação a cobertura vegetal urbana, uma vez que a análise está relacionada com a sua influência nos diferentes tipos de microclimas existentes nas cidades. Magalhães (2004, p.10) delimita como áreas verdes urbanas, “a soma de todos os espaços que possuem cobertura vegetal presente, seja em propriedades particulares ou públicas (...). Fazendo parte da área verde urbana, temos a presença da vegetação arbórea, isolada, em pequenos grupos ou formando ecossistemas florestais”.

Os fragmentos florestais urbanos podem ser considerados resquícios de vegetação natural que possuem ao seu entorno uma matriz urbana, correspondente aos parques, reservas e pequenas manchas de matas em propriedades privadas e públicas.

Sendo necessário o desenvolvimento de práticas adequadas de manejo, através de estudos quali-quantitativos, analisando a distribuição espacial da vegetação, para a manutenção desses fragmentos e da qualidade do ambiente (SOUZA, et.al., 2013).

Os resquícios de fragmentos florestais presentes no ambiente urbano estão sendo pressionados pela expansão das ocupações urbanas. Um dos problemas que afetam tais fragmentos, é conhecido como efeito de borda, que Múrcia (1995) define como o resultado da interação entre dois ecossistemas adjacentes, os dois são separados por uma abrupta transição. Ou que podemos também definir como uma região de contato entre uma área ocupada e o fragmento florestal.

Múrcia (op.cit.) ainda divide o efeito de borda em dois: por fatores abióticos ou fisiológicos e os biológicos diretos e indiretos. No que tange aos aspectos climáticos no ambiente natural, estes podem ser considerados abióticos, decorrentes de processos físicos-químicos, assim a zona de influência das bordas irão sofrer alterações por conta do aumento da radiação solar no interior da floresta, elevando a temperatura, reduzindo a umidade, e ampliando a luminosidade e a exposição aos ventos, que nesse caso irá não só alterar as condições ambientais como afetar as espécies de fauna e flora do ecossistema. Desse modo, “os espaços vegetados isolados no interior das matrizes urbanas, estão sujeitos à redução de áreas como consequências das características de seu entorno, sejam elas imediatas ou não” (MONTEZUMA et al., 2014, p.223).

Aos discorrer sobre os efeitos negativos que podem ocorrer nos resquícios de cobertura vegetal nas áreas urbanas, demonstra-se a relevância de sua preservação, devido aos inúmeros benefícios que a vegetação pode trazer para garantir a qualidade ambiental e de vida, uma vez que esta encontra-se em processo de redução devido ao aumento das atividades antrópicas, que quase sempre são predatórias, poluidoras e causam o desequilíbrio ambiental.

No que tange ao clima urbano, a retirada da cobertura vegetal para as construções urbanas é a primeira alteração no ambiente natural que irá de certa forma culminar em modificações atmosféricas, ocorrendo, na maior parte dos casos, o aumento da temperatura do ar e a redução da umidade relativa, considerando que a vegetação consegue atenuar as altas temperaturas e contribui para a liberação de vapor d'água para a troposfera.

Uma das anomalias que ocorrem nas áreas urbanas são as Ilhas de Calor Urbanas (ICU), porém uma vez identificadas, são necessárias estabelecer um conjunto de ações afim de mitigá-las. É nesse ínterim, que entram a necessidade de preservar e ampliar os

espaços verdes. Gartland (2010) salienta que a vegetação reduz as ilhas de calor a partir da sombra que produzem, mantendo as superfícies mais frescas, reduzindo o calor que é transferido para o ar acima, o sombreamento das árvores também garantem mais frescor para as pessoas e diminui os riscos de insolação. Além de gerar economia de energia e trazer melhorias na qualidade do ar. Assim, a vegetação é uma parte integrante do projeto urbano, devido a sua relevância nas alterações das condições microclimáticas e consequentemente, no desempenho térmico das construções (DACANAL et al., 2010).

Ao analisar as consequências da vegetação, aumenta as áreas sombreadas nas ruas, a energia solar incidente será bastante reduzida, as temperaturas da superfície também diminuirão, levando a uma atenuação das temperaturas do ar. As árvores, quanto mais desenvolvidas, aumentam o frescor devido a sua maior capacidade de evapotranspiração (BOUKHABLA; ALKAMA, 2012).

Devido ao aumento da temperatura e a redução da umidade, os locais com presença de vegetação, constituem os espaços que reduzem as ilhas de calor, gerando o que chamamos de ilhas de frescor. Silva (2017) destaca que as ilhas de frescor são importantes no clima urbano para amenizar as temperaturas, ela pode ser destacada como um núcleo existente no ambiente urbano que se diferencia por possuir elementos como os espaços verdes, constituídos por jardins, parques, praças, espaços estes utilizados para o lazer da população e que oferecem conforto térmico e higrométricos para os seres vivos.

O conceito de ilha de frescor urbana ainda é pouco desenvolvido na climatologia urbana, uma vez que se aplica muito mais a ICU, já que se trata de uma das maiores problemáticas em relação as alterações das condições climáticas no ambiente urbano. A ilha de frescor atua como núcleos que se diferenciam nos espaços urbanos, por apresentar temperaturas mais baixas e maior umidade relativa do ar, e quase sempre este efeito associa-se a presença de vegetação. Makhelouf et.al. (2009) concluíram em seu estudo sobre os efeitos dos jardins e parques urbanos no clima, que estes são vitais no planejamento das grandes cidades, uma vez que atuam na dispersão da poluição e na redução das altas temperaturas.

As florestas urbanas, consideradas ou não como uma unidade de conservação (UC), são fundamentais para as condições ambientais e atmosféricas nos centros urbanos. Dacanal (2011) selecionou seis fragmentos florestais em Campinas (SP), constituídos por matas e bosques, em suas análises, a autora constatou que as florestas urbanas apresentam baixa amplitude térmica diária e níveis elevados de umidade

absoluta do ar. Sendo a amplitude térmica maior em fragmentos de grande dimensão quando comparados a pequenos fragmentos, os que possuíam uma área de um quarteirão. Os grandes fragmentos florestais, apesar de apresentarem uma elevada inércia térmica, o aumento da umidade do ar, por conta da evapotranspiração, reduz a temperatura do ar máxima do dia do entorno edificado, e assim, a amplitude térmica diária.

Ao avaliar o efeito microclimático de um fragmento florestal em Curitiba – PR, Martini et. al. (2015) concluíram que o fragmento contribuiu na melhoria microclimática da cidade, o monitoramento meteorológico indicou que no interior do fragmento florestal, as temperaturas foram mais baixas e por consequência a umidade mostrou-se mais elevada.

Estudos sobre as ICU no Rio de Janeiro, com destaque para as condições térmicas, foram iniciados por Brandão (1996, 2003) que estabeleceu em sua pesquisa a mensuração da temperatura do ar correlacionando com as formas de uso da terra dentro da cidade, identificando aspectos térmicos diferenciados nos ambientes intra-urbanos. Lucena (2005) aplicou a mesma metodologia para a zona oeste da cidade, identificando os bairros com maiores temperaturas, com destaque principalmente para o bairro de Bangu.

Em pesquisas mais recentes, Lemos e Óscar Júnior (2021) buscaram compreender o comportamento térmico no bairro de Bangu, associando a temperatura da superfície terrestre e a temperatura do ar com as unidades da paisagem. Os autores identificaram que os espaços verdes, as encostas com vegetação apresentaram temperaturas (tanto da superfície quanto do ar) menores quando comparadas com as unidades caracterizadas pelas ruas mais adensadas, com predomínio de comércio e serviços.

Desse modo, conforme a explanação, vários estudos demonstraram que a vegetação está associada a atenuação das elevadas temperaturas, e amplia a umidade do ar, sendo posta como uma das propostas para mitigar os efeitos das ICU. Retirá-las do ambiente urbano, podem acarretar não somente no aumento da temperatura, mas também provocar um desequilíbrio hídrico na cidade, modificando a intensidade das precipitações, e afetando os mananciais, podendo reduzir até mesmo o abastecimento de água para a população. O que já ocorreu, a história nos mostra, é que o intenso desmatamento do maciço da Tijuca no século XVIII para as plantações de café ocasionou a redução na oferta da água para a população, um problema que se tornou tão

evidenciado, que fez com que projetos de reflorestamento fossem implementados no final do século XIX, criando então a Floresta da Tijuca. A mesma relevância deve ser dada ao PEPB, uma vez que vários mananciais existentes no maciço da Pedra Branca, contribuem no abastecimento de água de uma parcela da população da zona oeste.

1.4 O sensoriamento remoto para os estudos da temperatura superficial e da vegetação

Atualmente o sensoriamento remoto é muito utilizado nos estudos socioambientais, devido à grande disponibilidade de imagens, além da popularização da internet, dos computadores, dos programas de processamento de dados, e da aquisição que pode ser realizada nas plataformas de sites oficiais sem custos. Desde o início das fotografias aéreas no final do século XIX, e posteriormente com o avanço dos radares na 2ª Guerra Mundial, até em 1960 com o desenvolvimento dos primeiros satélites, e a partir de 1970 com o lançamento dos satélites terrestres como ERTS-1 (Landsat-1), e vários outros que foram sendo lançados nas décadas posteriores, permitiu e permite conhecer e analisar a maior parte da superfície terrestres, sendo fundamentais para compreensão da dinâmica terrestre, para o controle da degradação ambiental, no planejamento urbano, entre outras aplicações.

Em uma abordagem inicial o sensoriamento remoto é conceituado por Novo (2010, p.26) como “aquisição de informações sobre o objeto a partir da detecção e mensuração de mudanças que estes impõem ao campo eletromagnético”. O uso da radiação eletromagnética ocorre por não necessitar de um meio de propagação como os demais campos, o que permitiu que os sensores pudessem ser colocados de forma mais distante dos objetos, até chegar ao seu uso nos satélites (NOVO, 2010).

Nos estudos climáticos o monitoramento por satélite é fundamental, não somente para o entendimento da dinâmica climática, do comportamento da atmosfera, e a sua interação com a superfície terrestre, como também para a previsão de fenômenos sazonais e detecção de atividades meteorológicas que podem levar a ocorrência de eventos extremos.

Os primeiros satélites com instrumentos meteorológicos a bordo, foram lançados em 17 de fevereiro de 1959 (VANGUARD 2) e no dia 7 de agosto de 1959

(EXPLORER 6), porém não obtiveram sucesso nos registros das condições atmosféricas. O EXPLORER 7, lançado em 13 de outubro de 1959, obteve êxito, possibilitando a realização dos primeiros mapeamentos da radiação refletida e emitida (na faixa do infravermelho) pela atmosfera da Terra. Em 1960, ocorreu o lançamento do satélite com aplicações exclusivamente meteorológicas, o TIROS-1 (CONFORTE, 2002). Assim, os satélites meteorológicos, podem ser classificados em três classes: geoestacionários; polar; e tropicais, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3- Classificação dos satélites meteorológicos (continua)

Tipo	Descrição	Satélites
Geoestacionários	Estes se mantêm fixos, sobre um mesmo ponto na superfície da terra, permitindo um monitoramento contínuo dos fenômenos atmosféricos que se desenvolvem na área de visada do satélite.	<ul style="list-style-type: none"> • METEOSAT (3ª geração mais avançado em 2021) • GOES, em operação atualmente GOES 16 e GOES 17. GOES-T (18) e GOES-U (19) previsto para o lançamento até 2024 (Estados Unidos) • Himawari (Japão) • GEO-KOMPSAT 2B (18/02/2020) (Coreia do Sul) • FY- 2F (13/01/2012)/FY-2G (31/12/2014)/FY-2H (05/06/2018) (China) • ELEKTRO – L (20/01/2011) (Rússia) • INSAT – 4G, lançado em 19/05/2011 (Índia)
Polares	Posicionados geralmente entre 700 km a 800 km acima da superfície da terra. Com período orbital de 98 a 102 minutos, realiza 14 órbitas por dia. Fazem o monitoramento das regiões polares	<ul style="list-style-type: none"> • METOP-B (17/09/2012) e METOP-C (11/07/2018) • NOAA-20 (18/11/2017) (Estados Unidos) • FY-3E (04/07/2021) (China)

Quadro 3- Classificação dos satélites meteorológicos (conclusão)

Tropicais	Adquiri informações da região tropical, principalmente os dados referentes as precipitações tropicais.	<ul style="list-style-type: none"> • TRMM (lançado em 27/11/1997 e terminou em 2015, em parceria com a NASA (EUA) e JAXA (Japão))
-----------	--	--

Fonte: A Autora, 2022 adaptado de CONFORTE, 2002.

A temperatura constitui como um dos elementos mais utilizado quando se quer entender as mudanças climáticas, por ser mais facilmente obtida, tanto pela medição direta ou por reconstrução (estimativas indiretas). De todo modo, as medições que são realizadas por satélites não são capazes de registrar a temperatura do ar na superfície terrestre, mas sim mostram a temperatura radiométrica ou a temperatura radiante aparente, obtida pela detecção das ondas emitidas pelas superfícies radiantes (OLIVEIRA, et.al., 2015). Ainda assim, o seu uso quando conjugado aos dados meteorológicos, são de grande relevância para os estudos climáticos, principalmente os relacionados ao clima urbano. O detalhamento referente ao uso da banda termal no mapeamento da temperatura de superfície encontra-se no subtópico 1.4.2.

Quattrochi e Luvall (1999) destacam que existem duas maneiras fundamentais pelos quais os dados termais podem contribuir para melhor compreensão dos processos da paisagem: através das medições das temperaturas da superfície relacionando os componentes da paisagem específica e biofísica; e pela temperatura relativa da superfície com o fluxo de energia para fenômenos ou processos de uma paisagem específica.

A associação da vegetação com a temperatura superficial é fundamental, considerando que a vegetação exerce uma grande influência na temperatura do ar e na temperatura superficial, portanto é necessário não só mapear as áreas de cobertura vegetal, como também aplicar os índices de vegetação para determinar a sua densidade, e estabelecendo uma relação com a obtenção da temperatura superficial registrada pelos sensores termais. Conforme no estudo realizado pela Prefeitura do Rio em parceria com o IPP, utilizando as imagens do sensor termal do Landsat-8, para identificar os pontos mais quentes da cidade, as áreas de supressão da vegetação e de crescimento urbano, em uma tentativa de entender sobre os possíveis eventos relacionados com as mudanças climáticas (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2016).

Assim, com as resoluções o Quadro 4 apresenta os satélites utilizados na maioria das pesquisas. Buscou-se analisar nos satélites, as resoluções das bandas nos canais vermelho (red) e infravermelho (infrared) que fazem parte do cálculo dos índices de vegetação, e a banda do sensor termal que capta os dados de temperatura de superfície.

Quadro 4 - Informações satélites para bandas do canal vermelho, infravermelho e termal (continua)

Satélite	Resolução espacial	Resolução espectral	Resolução radiométrica	Resolução temporal
Landsat - 4 (1982-1993)	B3 (red) B4 (Infrared) – 30 metros B6 (termal) – 120 metros	B3 (0.63 – 0,69 μ m) B4 (0.76 – 0,90 μ m) B6 (10.4 – 12.5 μ m)	8 bits	16 dias
Landsat - 5 (1984-2011)	B3 (red) B4 (Infrared) – 30 metros B6 (termal) 120 metros –	B3 (0.63 – 0,69 μ m) B4 (0.76 – 0,90 μ m) B6 (10.4 – 12.5 μ m)	8 bits	16 dias
Landsat - 7 (1999 – ativo)	B3 (red) B4 (Infrared) – 30 metros B6 (termal) – 60 metros	B3 (0.63 – 0,69 μ m) B4 (0.76 – 0,90 μ m) – B6 (10.4 – 12.5 μ m)	8 bits	16 dias
Landsat – 8 (2013 – ativo)	B4 (red) B5 (Infrared) – 30 metros B 10 e 11 (TIRS) – 100 metros	B4 (0.64 – 0.67 μ m) B5 (0.85-0.88 μ m) B 10(10.6 – 11.9 μ m) B 11 (11.5 – 12.51 μ m)	12 bits	16 dias
Landsat-9 (Setembro-2021 – ativo)	B4 (red) B5 (Infrared) – 30 metros B10 B 11 (TIRS-2) – 100 metros	B4 (0,64 - 0,67 μ m) B5 (0,85 - 0,88 μ m) B10 (10,6 - 11,19 μ m) B11(11,5 - 12,51 μ m)	14 bits	8 dias

Quadro 4 - Informações satélites para bandas do canal vermelho, infravermelho e termal (conclusão)

ASTER/TERRA (1999 – ativo)	B1,B2 e B3 (visível e infravermelho próximo) – 15 metros B10 a B14 (termal) – 90 metros	B10 (8.125 – 8.475µm) B11 (8.475 – 8.825µm) B12 (8.925 – 9.275µm) B13 (10.25 – 10.95µm) B14 (10.95 – 11.65µm)	B1 a B3 – 8 bits B10 a B14 - 12 bits	16 dias
MODIS/TERRA (2000 – ativo)	B1 (red) B2 (infrared) - 250 metros B20 a B23 (termal) – 1000 metros	B1(6.20 – 6.70 µm) B2 (8.41- 8.76µm) B20 (3.660 – 3.840µm) B21 (3.929- 3.989µm) B22 (3.929 – 3.989µm) B23 (4.020 – 4.080 µm)	12 bits	1 – 2 dias
SENTINEL-2 (2015 – ativo)	B4 (red) B8 (infrared) – 10 metros	B4 (665 µm) B8 (842 µm)	12 bits	5 dias

Organização: A Autora, 2020

Conforme o quadro 4, observa-se que existem satélites que fornecem dados com escala temporal menor, como o ASTER e o MODIS, porém perde-se a qualidade na resolução espacial das bandas termais. A série do Landsat, possibilita o estudo da vegetação e da temperatura da superfície em períodos pretéritos, ainda que as resoluções espectrais e radiométricas do Landsat-4 e Landsat-5, não tenham a mesma qualidade que a do Landsat-8.

O satélite Sentinel-2 também se aplica para estudos climáticos, monitoramento marinho, qualidade do ar, desastres naturais, uso e ocupação das terras, entre outros. O sensor SLSTR, a bordo do satélite Sentinel-3A e Sentinel-3B, mede a temperatura da superfície terrestre, seja massas d'água, seja a parte continental, para fornecer informações sobre clima e temperatura para aplicações meteorológicas. Possui resolução de 500m para as bandas do visível e da região do Infravermelho (variando de 554 nm até 2.255 nm); para a região do termal (que vai de 3.742 μm até 10.854 μm), oferece imagens com 1 km de resolução espacial.¹

Na pesquisa optou-se pelo uso das bandas do vermelho, infravermelho e termal dos satélites landsat-5 e landsat-8 devido a necessidade de estabelecer as comparações da espacialização da vegetação e da temperatura de superfície no período de 1990 a 2020, os maiores detalhes encontra-se no capítulo referente a metodologia.

1.4.1 Sensoriamento remoto aplicado à vegetação nos estudos climáticos

A vegetação pode ser analisada e até mesmo quantificada através dos sensores remotos existentes nos satélites, a partir da radiação eletromagnética incidente e a resposta espectral da interação na superfície das plantas.

Ponzoni et.al (2012) ressaltam que a fotossíntese, um dos processos realizados pelos vegetais, é fundamental para absorção da radiação eletromagnética, pois os pigmentos fotossintetizantes como as clorofilas, xantofilas e carotenos, contribuem para a absorção, e essa ocorre na região do visível (0,4 μm a 0,72 μm).

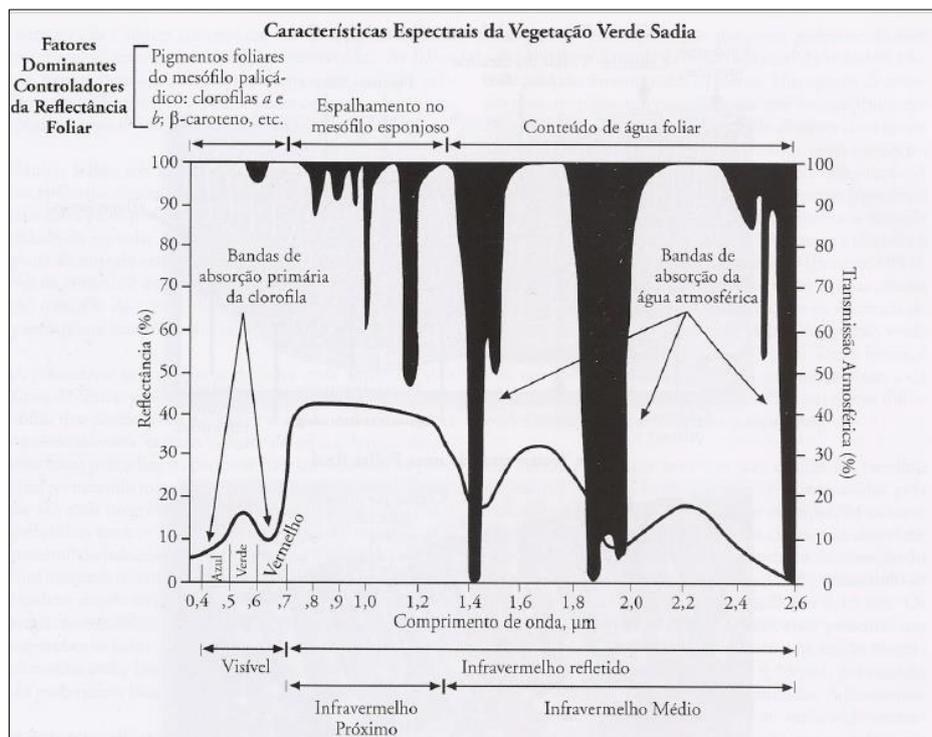
¹ <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>> acesso em 25 fev. 2022

A resposta da vegetação nas três regiões espectrais: a do visível; infravermelho próximo; e do infravermelho médio, seguem padrões diferentes, considerando que na região do visível (0,4 μm a 0,72 μm), os pigmentos existentes nas folhas dominam a reflectância. Assim, a energia radiante interage com a estrutura foliar por absorção e por espalhamento. Os pigmentos predominantes absorvem a radiação na faixa do azul (próximo a 0,445 μm), porém a clorofila é a única que absorve na faixa do vermelho, na região do verde a maior parte das plantas são transparentes; na região do infravermelho próximo (0,72 μm – 1,1 μm), ocorre uma pequena absorção da radiação da folha. A absorção da água é menor e a reflectância é quase constante. Cabe ressaltar, que quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente, apresentando valores maiores de reflectância; na região do infravermelho médio (1,1 μm – 3,2 μm) a absorção através da água afeta a reflectância das folhas. Esta apresenta na região, a partir de 2,0 μm , baixa reflectância. A água absorve consideravelmente a radiação incidente na região espectral compreendida entre 1,3 μm e 2,0 μm . (PONZONI et. al., 2012).

A Figura 9 demonstra a reflectância espectral de uma folha verde sadia no intervalo de 0,4 a 2,6 μm .

A principal consideração, conforme destacam Tucker e Sellers (1986), é que na seleção do comprimento de onda do sensor é preciso ocorrer uma grande diferença na reflectância da vegetação com os outros materiais. Sem esse contraste espectral, as informações do dossel da vegetação são confundidas com informação que não corresponde a vegetação.

Figura 9- Características espectrais da vegetação verde sadia



Fonte: Jensen (2009, p.359).

Os autores também fazem algumas observações no sensoriamento remoto da vegetação, como: considerar nos modelos a heterogeneidade da superfície, pois nem todas as coberturas vegetais se apresentam de forma horizontal; a presença de uma grande fração de folhas mortas podem reduzir os índices a valores próximos de solo exposto; a correlação dos dados espectrais com o índice de área foliar depende da orientação foliar e da elevação solar para coberturas com funções de distribuição horizontal do ângulo foliar. (TUCKER e SELLERS, 1986).

Os índices para estabelecer a análise da vegetação por sensor remoto vem sendo muito utilizado como o NDVI elaborado por Rouse et al. (1974) para mensurar a quantidade de vegetação, utilizando as bandas 5 e 7 do satélite Landsat -1 (ETRS). Desde então o índice foi aprimorado passando a ser aplicado para vários tipos de vegetação estudados por sensores remotos, utilizando as bandas do canal do vermelho que detecta a absorção de clorofila e o canal do infravermelho que mostra a alta reflectância da vegetação na copa.

Assim, para o aprimoramento outros índices surgiram, como complementos ao NDVI, como o NDWI (Índice de água por diferença normalizada), sendo o sensoriamento remoto da água líquida da vegetação, com importantes aplicações na

agricultura e silvicultura. Utilizando para tanto dois canais, um centrado a aproximadamente $0,86 \mu\text{m}$ e outro em $1,24 \mu\text{m}$. O NDWI mede as moléculas de água líquida que interagem com a radiação solar recebida, apresentando menor sensibilidade aos efeitos de dispersão atmosféricas do que o NDVI (GAO, 1996).

Huete (1988) observou que o solo exerce uma considerável influência nos espectros da vegetação calculada no NDVI. Essas influências constituem, principalmente, em relação ao brilho do solo em uma quantidade de vegetação, que podem resultar em valores mais altos de índices de vegetação do que de fato corresponde na realidade. Para tanto, passou a ser inserido na equação do NDVI uma constante que varia de 0 a 1, somada com 1, surgindo o índice SAVI, visando estabelecer um ajuste dos efeitos do solo na vegetação.

As análises temporais são importantes para avaliar as alterações na cobertura vegetal para que se possa implementar ações visando mitigar os impactos e avanço da perda da vegetação. Ramos et.al (2017) analisaram a vegetação no ano de 2005 e 2015 da microrregião de Santarém – PA, utilizando imagens dos satélites landsat-5 e 8, através da aplicação do NDVI, os autores comprovaram que ocorreu uma redução da vegetação no ano de 2015, e no intervalo de dez anos, verificou-se um aumento das atividades agrícolas e redução da cobertura florestal.

Os índices de vegetação podem ser aplicados para avaliar a eficácia de projetos de reflorestamento em Unidades de Conservação (UCs). Mauri et al. (2013) observaram por meio de imagens do Landsat-5, uma UC no Espírito Santo, durante o período de estiagem, ou seja meses com baixa precipitação, nos anos de 1987 e 2010, utilizando os índices NDVI, SAVI e NRVI, este último que é o Índice de Relação da Diferença Normalizada, apresenta valores aproximados ao NDVI, porém este reduz os efeitos de iluminação topográfica, efeitos atmosféricos, criando uma distribuição normal estatisticamente adequada (ROSENDO, 2005).

O EVI (Índice de Vegetação Melhorado) é capaz de detectar as variações da vegetação em termos de estrutura, sazonalidade, e seus aspectos biofísicos, configurando-se como uma das formas que pode compensar os efeitos atmosféricos e do solo. E, pode apresentar uma melhor sensibilidade no dossel, principalmente nas áreas que apresentam maior densidade de biomassa, como os parques e florestas (HUETE et al., 2002).

Tal índice utiliza em seu cálculo as bandas do canal vermelho e infravermelho próximo, mas acrescenta-se valores de constantes para estabelecer a correção dos efeitos

atmosféricos no vermelho e na água, e do solo. SCHIAVO (2016) comprovou a eficiência da aplicabilidade do EVI em conjunto com SAVI para os estudos que envolvam a cobertura vegetal.

Diferente dos demais índices o EVI inicia por um processo descendente nos valores, ou seja, inicia com valor abaixo de 0. Chaves et al. (2013) demonstraram que o NDVI é sensível a presença da clorofila, enquanto o EVI é capaz de detectar melhor a variação da estrutura do dossel. Contudo, os autores analisaram os dois índices nos períodos de chuva e seca, e concluíram que os dois índices se complementam e apresentaram bons resultados em relação a sazonalidade da cobertura vegetal.

Machado et al. (2013) na análise da distribuição espacial do IAF no Parque Nacional do Catimbau em Pernambuco, compararam as imagens com aplicação de correção atmosférica de reflectância e as sem a correção atmosférica, e identificaram que as imagens correção apresentaram melhores resultados e se aproximaram mais da realidade demonstrada pelo índice.

Em uma floresta de transição entre Amazônia e Cerrado Danelichen et al. (2016) avaliaram a estimativa do IAF com o uso de imagens do sensor MODIS e o METRIC (*Mapping EvapoTranspiration with high Resolution and Internalized Calibration*) com imagens TM – Landsat-5. Para os autores o sensor MODIS apresentou maior aproximação com o IAF enquanto o METRIC não apresentou resultados satisfatórios.

Oliveira et al. (2019) mapearam a cobertura vegetal da Estação Ecológica do Seridó no Rio Grande do Norte, para tanto estabeleceram a distribuição espacial da vegetação por três índices (NDVI, SAVI e IAF) demonstrando a aplicabilidade no bioma da Caatinga. Dentre os três o IAF mostrou maior variação, principalmente nas áreas de maior reflectância.

A identificação e análise climática, principalmente em relação à precipitação, torna-se crucial na escolha das imagens para aplicação dos índices de vegetação, uma vez que períodos mais secos irão influenciar no desenvolvimento e manutenção das plantas, que durante os meses de baixa pluviosidade, quando estas perdem as suas folhas, ficando com coloração amarelada, que conseqüentemente irá resultar em índices de vegetação mais baixos. Enquanto, que, verifica-se o oposto no período chuvoso, as folhas mais saudias, a densidade de vegetação aumenta, resultando em índices elevados. Tal consideração pode ser relevante para o pesquisador, uma vez que se pode avaliar as diferenças que ocorrem na vegetação nos dois períodos, seco e chuvoso. Além de ser

importante, para que o observador não confunda esse comportamento e adaptação da vegetação ao período de estiagem com desmatamento ou solo exposto.

As mudanças no regime pluviométrico alteram a vegetação, principalmente no equilíbrio hídrico foliar, afetando a reflectância, principalmente na região do infravermelho médio (PONZONI et. al., 2012). Essas alterações na reflectância já foram verificadas em análises, citando algumas. Gameiro et.al. (2016) selecionaram imagens Landsat-8, considerando os períodos chuvosos e secos, em maio e outubro, respectivamente, no ano de 2015, da sub-bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe – CE, a partir do NDVI e SAVI. Os autores observaram que durante o mês de estiagem, devido a perda das folhas, característica do bioma Caatinga, houve uma redução nos índices de vegetação, enquanto no mês de maior pluviosidade a resposta espectral nas imagens mostraram-se diferentes, com índices mais altos e maior distribuição da vegetação.

Demarchi, et al. (2011) avaliaram a cobertura vegetal em uma floresta semidecidual de Mata Atlântica em Santa Cruz do Rio Pardo – SP, a partir de imagens de satélite considerando os meses de maio (outono) e janeiro (verão), sendo o verão chuvoso e outono seco, utilizando os índices de vegetação, porém encontraram nos resultados poucas diferenças comparativas entre as duas estações, isso demonstra que é preciso considerar o tipo de vegetação, que irá apresentar comportamentos diferenciados, além de ressaltar que embora tenha um período de estiagem, esse não representa um período sem chuvas, mas com redução no acumulado mensal. Ainda assim, os autores ressaltam que se tivessem disponíveis imagens dos meses de julho e agosto, que são os mais secos, os resultados entre o mês chuvoso e seco teriam sido mais precisos.

O mapeamento das superfícies vegetadas, podem servir como suporte no planejamento, não somente no controle do desmatamento, mas também para as áreas suscetíveis a queimadas, identificando a partir da sazonalidade das chuvas, os períodos mais secos e o comportamento da vegetação, pois durante um evento de baixa precipitação ocorre um favorecimento para incêndios florestais. Coura et. al. (2009) realizaram o mapeamento das áreas propensas a queimadas no Maciço da Pedra Branca, não foi utilizando os índices de vegetação, mas a partir de mapeamentos de uso e cobertura do solo, considerando a orientação das vertentes, morfologia das encostas e o total de radiação recebida, e identificaram o grau de combustibilidade. Os autores observaram que a vertente norte do maciço (vertente sotavento), recebe uma grande quantidade de radiação solar durante o ano, e apresenta alto grau de combustibilidade.

Cabe ressaltar que essa vertente também é que recebe menor umidade do ar, sendo uma vertente mais seca (LUCENA, 2005).

Assim, a partir de tais informações, a utilização dos dados pluviométricos, aos mapeamentos de uso e cobertura do solo somado aos índices de vegetação, podem auxiliar na observação e identificação do comportamento da cobertura vegetal nas vertentes do maciço da Pedra Branca, considerando os meses mais secos e mais chuvosos, para futuras ações na mitigação e prevenção dos incêndios florestais, e, conseqüentemente, auxiliando na preservação da cobertura vegetal de uma das mais importantes unidades de conservação inseridas na cidade do Rio de Janeiro – o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB).

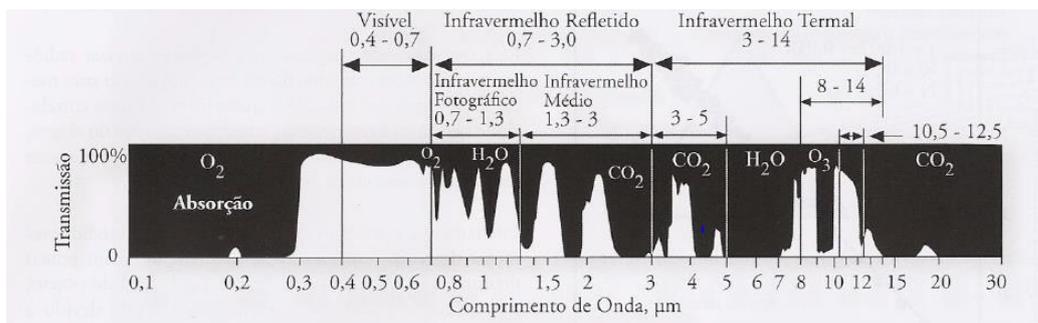
1.4.2 O Sensoriamento Remoto da Temperatura de Superfície (TS) para os estudos climáticos

Os objetos com temperatura acima de zero absoluto (0K) emitem energia eletromagnética. Assim, a vegetação, solo, rochas, pessoas e todos os componentes da paisagem emitem radiação eletromagnética infravermelha termal de 3,0 a 14 μm (JENSEN, 2009).

Jensen (2009) resalta que após a região do visível do espectro eletromagnético, temos a região do infravermelho refletido de 0,7 - 3 μm e a região do infravermelho termal de 3 - 14 μm . Desse modo, a detecção pelos sensores de energia infravermelha ocorre porque a atmosfera permite que uma porção dessa energia seja transmitida, a qual é denominada de **janela atmosférica**.

Na Figura 10 observam-se as janelas atmosféricas do espectro eletromagnético, onde as áreas escuras demonstram a absorção da maior parte da energia infravermelha, com vapor d'água, dióxido de carbono e ozônio predominando, estes são responsáveis por grande parte da retenção, portanto nessas regiões conhecidas como bandas de absorção torna-se quase impossível a realização do sensoriamento remoto. Os sensores eletro-ópticos podem registrar a energia infravermelha de 0,7 - 14 μm . A região de 3 - 5 μm é útil para o monitoramento de alvos quentes como incêndios florestais e atividades geotermiais, de 8 a 14 μm para vegetação, solo e rocha (sensores sub-orbitais). A região de 10,2 - 12,5 μm é utilizada quando a imagem termal é adquirida por sensores orbitais acima da camada de ozônio (JENSEN, 2009).

Figura 10- Janelas atmosféricas do espectro eletromagnético



Fonte: Jensen (2009, p.255)

O sensoriamento remoto passou a ser uma parte importante para o estudo do clima urbano, sobretudo para o mapeamento do campo térmico, possibilitando identificar as áreas mais quentes, podendo ser utilizado em uma escala maior. O uso do sensoriamento remoto a partir da banda termal obtém a temperatura superficial, neste caso inclui vegetação, as construções urbanas e o solo, que emitem calor. Voogt e Oke (2003) salientam que o sensoriamento remoto termal é um caso especial de observação da temperatura superficial que varia de acordo com a resposta do equilíbrio energético, a temperatura da superfície resultante, incorpora os efeitos das radiações superficiais e termodinâmicos, incluindo a umidade da superfície e a emissividade superficial, e entrada da radiação do sol e os efeitos da superfície próxima a atmosfera.

Weng (2009) afirma que os dados detectados pelo sensor termal são uma fonte única de informação para definir ilhas de calor acima da camada limite urbana. Dados adquiridos na camada intraurbanas como das estações meteorológicas, oferecem alta resolução temporal, mas carecem de detalhes espaciais. As observações em movimento, a partir dos transectos, não fornecem uma visão contínua e simultânea de toda a cidade, que é primordial para a investigação detalhada da superfície urbana.

Rao (1972) foi o primeiro a avaliar a possibilidade de detectar a temperatura superficial em áreas urbanas, possibilitando, a partir desse momento a ampliação das investigações das temperaturas de superfície, desde a implementação dos sensores termais (WENG, 2009).

Matson et. al (1978) utilizaram uma imagem infravermelha termal do dia 28 de julho de 1977, do Centro-Oeste e Nordeste dos Estados Unidos, os autores destacam que a imagem obtida estava sem cobertura de nuvens, a partir do satélite NOAA-5 com

o sensor termal VHRR, permitindo a detecção de mais de 50 ilhas de calor urbanas. As diferenças de temperatura entre o rural e urbano, variaram de 2,6°C a 6,5°C.

No Brasil os estudos iniciais na avaliação dos efeitos da urbanização na temperatura da superfície (TS) a partir das imagens de satélite, destaca-se o trabalho realizado por Lombardo (1985), analisando as formações de ilhas de calor na metrópole de São Paulo, e posteriormente, ampliando as análises das ilhas de calor em São Paulo a partir da combinação dos dados dos satélites Landsat e Ikonos (BIAS et.al. 2003).

Nas análises comparativas entre verão e inverno, Srivant e Hokao (2012), avaliaram as ilhas de calor na cidade de Bangkok, Tailândia, utilizando imagens do Landsat-5, os autores constataram que as mudanças no uso e cobertura da terra foram acompanhadas por mudanças nas ilhas de calor. De 1994 a 2009 a temperatura urbana aumentou em todas as zonas de Bangkok, além das diferenças térmicas identificadas entre a área urbana e rural circundantes, que aumentou significativamente, intensificando as ilhas de calor nas áreas urbanas.

Stathopoulou et.al. (2003) através dos mapas de temperatura da superfície comprovaram que a intensidade das ilhas de calor não está relacionada com o tamanho da cidade, mas com o grau e tipo de desenvolvimento urbano das cidades, observando uma forte relação entre a temperatura da superfície e os recursos da cobertura do solo.

Moreira e Galvêncio (2007) considerando os processos de urbanização em Recife atrelados a redução das áreas verdes e ao planejamento urbano ineficiente, buscaram identificar a intensidade e espacialização das ilhas de calor, utilizando imagens do Landsat-7, a partir dos cálculos para a estimativa da temperatura superficial, observando que as maiores temperaturas foram encontradas na áreas com menor taxa de vegetação, com partes que apresentaram elevados registros térmicos, com amplitude de até 5°C.

A correção atmosférica tem fundamental importância nos estudos de ilhas de calor urbana, uma vez que muitos trabalhos apenas consideram a temperatura de brilho, desconsiderando os parâmetros atmosféricos envolvidos e a emissividade da superfície que podem interferir significativamente na estimativa da temperatura de superfície (Kazay et.al., 2011).

A associação entre a configuração da paisagem com a temperatura de superfície podem ser importantes para compreender o comportamento dos núcleos de calor. Connors et al. (2012) estabeleceram a relação entre os padrões espaciais e a temperatura superficial na cidade Phoenix, Arizona, buscando entender como a estrutura da

paisagem afeta o clima, a partir dos mapeamentos de uso e cobertura da terra e a temperatura de superfície obtida do satélite ASTER, a imagem utilizada do dia 11 de junho de 2008, no período noturno. A cobertura da TS varia entre os usos da terra, pois a interação das variáveis que influenciam a temperatura é diferente entre essas categorias, alterando assim a importância da cobertura do solo para mitigar os efeitos das ilhas de calor. Os resultados indicaram que a composição da paisagem influencia a temperatura. Portanto para reduzir os efeitos das ilhas de calor, os planejadores devem considerar a composição e a configuração da paisagem (CONNORS et al., 2012).

Gomes et.al. (2017) analisaram o fluxo de calor no solo, albedo e temperatura da superfície em 10 anos, na Região de Ilha Solteira – SP, associando ao índice de vegetação. Os autores comprovaram que ocorre um crescimento da TS na região. Os valores mais altos do albedo e da TS são indicativos das alterações na cobertura vegetal que pode ser pela supressão da mata nativa ou pela substituição das culturas agrícolas anteriormente praticadas.

As estações do ano, como o inverno e verão, podem e devem ser consideradas para a estimativa da TS, uma vez que em tais estações ocorrem mudanças no regime pluviométrico e na incidência da radiação solar, o que determinará diferenças térmicas na superfície, pois durante os meses mais quentes a absorção e liberação da radiação de onda curta torna-se elevada, resultando em maiores temperaturas superficiais.

Ferreira et.al (2017) estudaram a TS do Estado de Santa Catarina, entre 2000 e 2010, considerando o verão e o inverno como estações opostas, utilizando as imagens do MODIS/TERRA. Resultando em valores mínimos de TS no mês de julho e valores máximos em novembro. Neiva et.al. (2017) estabeleceram uma análise do clima associado com o uso e cobertura do solo no município do Rio de Janeiro, em uma escala temporal de 30 anos, na estação do verão, os autores perceberam um acréscimo na temperatura entre 1986 e 2016, no ano 2016 o crescimento urbano em direção a zona oeste e na zona norte, resultaram em aumentos nas temperaturas de superfície, chegando a atingir em algumas áreas a variação de 36° a 44°C.

Entendendo que a cobertura do solo influencia na TS, grande parte dos trabalhos existentes que estabeleceram uma análise da temperatura superficial mostraram que a área urbana apresenta pontos quentes, quanto maior o adensamento das construções urbanas, maior é a temperatura, desse modo pesquisas demonstram que em superfícies vegetadas, a resposta é diferenciada, com temperaturas menores. Tal consideração, corrobora para a afirmação que a vegetação constitui um importante atenuante para as

elevações térmicas, sobretudo em ambientes urbanos. Algumas das pesquisas já realizadas que reiteram a redução da TS nos espaços verdes, podem ser citadas. Godoy, Baptista e Almeida (2009) relacionaram a temperatura de superfície com os parques urbanos do Distrito Federal, através das imagens do ASTER, realizando o mapeamento de NDVI e a TS, comparando o índice de vegetação fotossinteticamente ativa com a temperatura de superfície, os autores observaram que à medida que a temperatura aumenta o índice de vegetação fotossinteticamente ativa diminui.

Caioni et.al (2017) na avaliação da TS na microbacia Pedra do Índio, Mato Grosso, durante um evento de seca em 2013, ocorrendo uma redução no NDVI durante o mês mais seco, a comparação do NDVI com a TS, mostraram que nas áreas onde o índice de vegetação mostrou-se mais elevado a temperatura também apresentou uma resposta reduzida, por exemplo, nessas partes a TS variou de 23°C a 24,4°C, enquanto que nas áreas de NDVI baixo a TS apresentou variação entre 30°C e 31,4°C.

A ampliação da capacidade de absorção de calor demonstra que quanto maior é a capacidade de absorção das superfícies receptoras, maior será o índice de reflectância, e consequentemente verifica-se um aumento da temperatura superficial (FEITOSA et al., 2011). A comparação em relação a vegetação e TS em Teresina – PI, realizada por Feitosa et.al. (2011), mostrou um incremento na temperatura entre 1989 e 2009, na região central da cidade, onde se concentram aglomerados de construções com materiais que são refletivos e que possui uma taxa de arborização reduzida. Em consequência nas periferias, onde existe maior quantidade de áreas verdes, as temperaturas mostraram-se mais amenas.

Na formação dos períodos de ondas de calor e ondas de frio para o município do Rio de Janeiro, os autores Mendes et al. (2022) analisaram a partir da elaboração da temperatura superficial com o uso do Landsat, a distribuição das temperaturas mais baixas durante a atuação das frentes frias no inverno, e dos pontos mais quentes durante os episódios de temperaturas mais elevadas no verão. Desse modo, encontraram nos bairros de Irajá e São Cristóvão as temperaturas mais elevadas quando comparadas com os outros bairros da cidade, nos períodos considerados como ondas de calor. Já os bairros do Alto da Boa Vista e Jardim Botânico, demonstraram as menores temperaturas. Como informação importante, o bairro de Santa Cruz, apesar de estar localizado na zona oeste da cidade e apresentar temperaturas superficiais elevadas, apresentou temperaturas menores durante as ondas de frio, o que demonstra que não

apenas o mapeamento da temperatura superficial deve ser considerado, mas também a atuação dos sistemas atmosféricos.

Lucena (2012) realizou o mapeamento das ilhas de calor, a partir de imagens Landsat, estabelecendo uma análise temporal de 1980 a 2000, estabelecendo a temperatura superficial com os parâmetros dos índices de vegetação, índice da área construída (NDBI) e uso e cobertura do solo, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). O autor constatou que na zona oeste e extrema zona oeste o aquecimento é mais agravado durante os meses de outono e inverno, por conta do regime mais seco. Além de evidenciar que na década de 1990 a temperatura da RMRJ mostrou-se mais elevada, devido a intensificação das ilhas de calor.

O autor citado realizou a comparação com quatro técnicas para análise espacial da distribuição da ICU e para o clima urbano na RMRJ, que são a análise temporal obtidas das estações meteorológicas, o uso dos transectos fixos e móveis, o sensoriamento remoto a partir da estimativa da temperatura superficial com o uso do satélite Landsat e a modelagem numérica com o modelo Mesoscale MM5, com disponibilidade de dados meteorológicos do modelo global GFS (Global Forecast). As técnicas de sensoriamento remoto e a modelagem numérica apresentam uma maior espacialização das informações, o que possibilita uma compreensão melhor e identificação das temperaturas e dos pontos mais quentes que indicam a formação de ICU (LUCENA, 2019).

Com base na explanação, a aplicação da metodologia dos mapeamentos da TS torna-se relevante nas análises espaciais do clima, uma vez que a sua abrangência temporo-espacial possibilita uma ampliação dos estudos, sobretudo na ausência de estações meteorológicas, instrumentos térmicos para o uso dos transectos fixos e móveis, que apesar de serem utilizados pelos pesquisadores, apresentam limitações no que tange a dimensão espacial. Portanto, ao considerarmos as análises climáticas dentro das UCs, tal metodologia propicia a identificação da distribuição da cobertura vegetal e da TS nos seus limites e na sua zona de amortecimento.

2 DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS AOS GEOURBANOS DO MACIÇO DA PEDRA BRANCA

O clima está inserido no processo de organização dos espaços e interage com as diferentes esferas do globo e da ação do homem. Portanto, o clima deve ser considerado dinâmico, uma vez que sua caracterização está diretamente relacionada com as condições ambientais de uma dada área do espaço geográfico (SANT'ANNA NETO, 2013). A análise da climatologia deve ser realizada em conjunto com os fenômenos atmosféricos e com a diversidade na distribuição da vegetação, da fauna, das alterações térmicas, hídricas, da circulação dos ventos entre os bairros, e das implicações do clima sobre a agricultura e nas metrópoles (ZAVATINI, 2000).

Portanto, o clima integra ao complexo Geossistema, onde todos os elementos estão interligados. Mendonça (2007, p.19) ressalta que Carlos Augusto Figueiredo Monteiro criou o conceito de análise rítmica no Brasil e também introduziu “o tratamento do clima conforme a Teoria Geral de Sistemas de Ludwing Von Bertalanffy”. Assim, como o autor menciona que “a pauta de preocupações pelos movimentos socioambientais dos anos de 1960 e 1970, exigiu dos climatólogos uma maior participação no equacionamento da problemática, fazendo com que o clima passasse a ser abordado de um ponto de vista mais holístico” (ibidem).

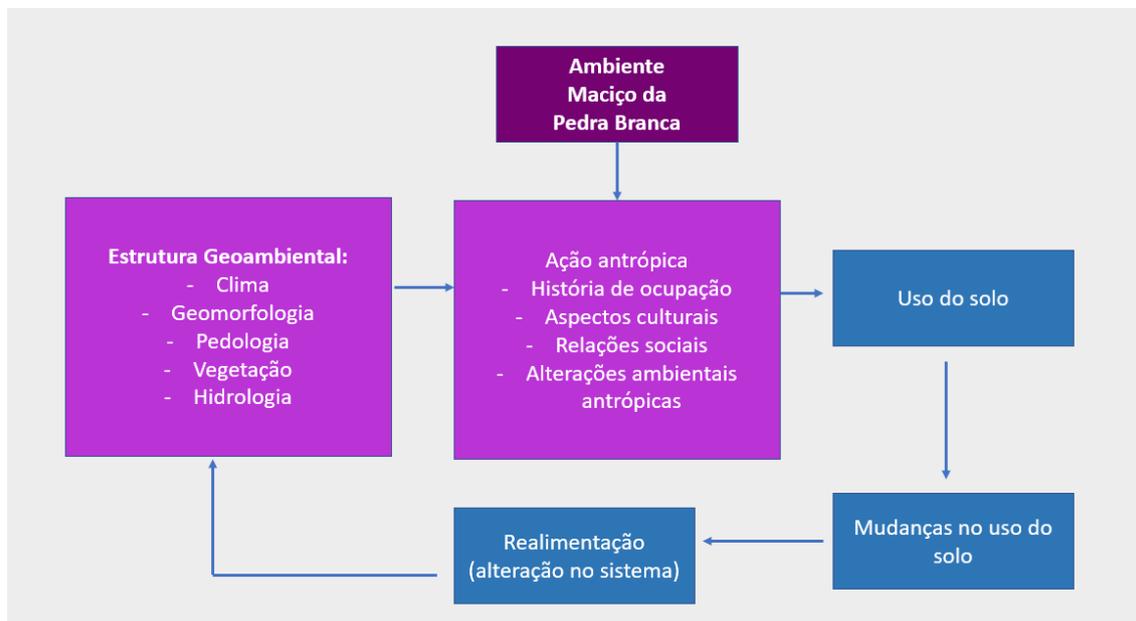
A análise Geossistêmica não deve apenas se restringir aos componentes da natureza, mas a conexão entre eles. Ainda que os Geossistemas estejam relacionados com os fenômenos naturais, os fatores econômicos e sociais que podem influir na sua estrutura e propriedades espaciais devem ser incluídos, “As paisagens antropogênicas nada mais são do que estados variáveis de primitivos geossistemas naturais” (SOCHAVA, 1977, p.7).

Sob a égide conceitual da Teoria dos Geossistemas, os aspectos Geourbanos destacam-se em termos de densidade urbana, morfologia, função e aspectos socioeconômicos e culturais, influenciados pelos elementos Geoambientais que são o relevo, o solo, a vegetação e a hidrografia, sendo importantes para entender os aspectos climáticos (SILVEIRA; SARTORI, 2011; ALVES; MARIANO, 2016).

Destarte, a proposta deste capítulo é apresentar a análise realizada sobre os diferentes componentes geoambientais conjugados com os geourbanos do Maciço da Pedra Branca, conforme foram organizados no fluxograma na Figura 11, que foram

estabelecidos a partir da perspectiva Geossistêmica, pois entende-se que não se pode compreender o clima, as alterações termohigrométricas, e as diferentes classificações climáticas, sem antes conceber todos os elementos e fatores que fazem parte do ambiente e que possivelmente irão influenciar no clima.

Figura 11- Geossistemas na análise do maciço da Pedra Branca - RJ



Organização: A Autora, 2021

2.1 O Geoambiente do Maciço da Pedra Branca

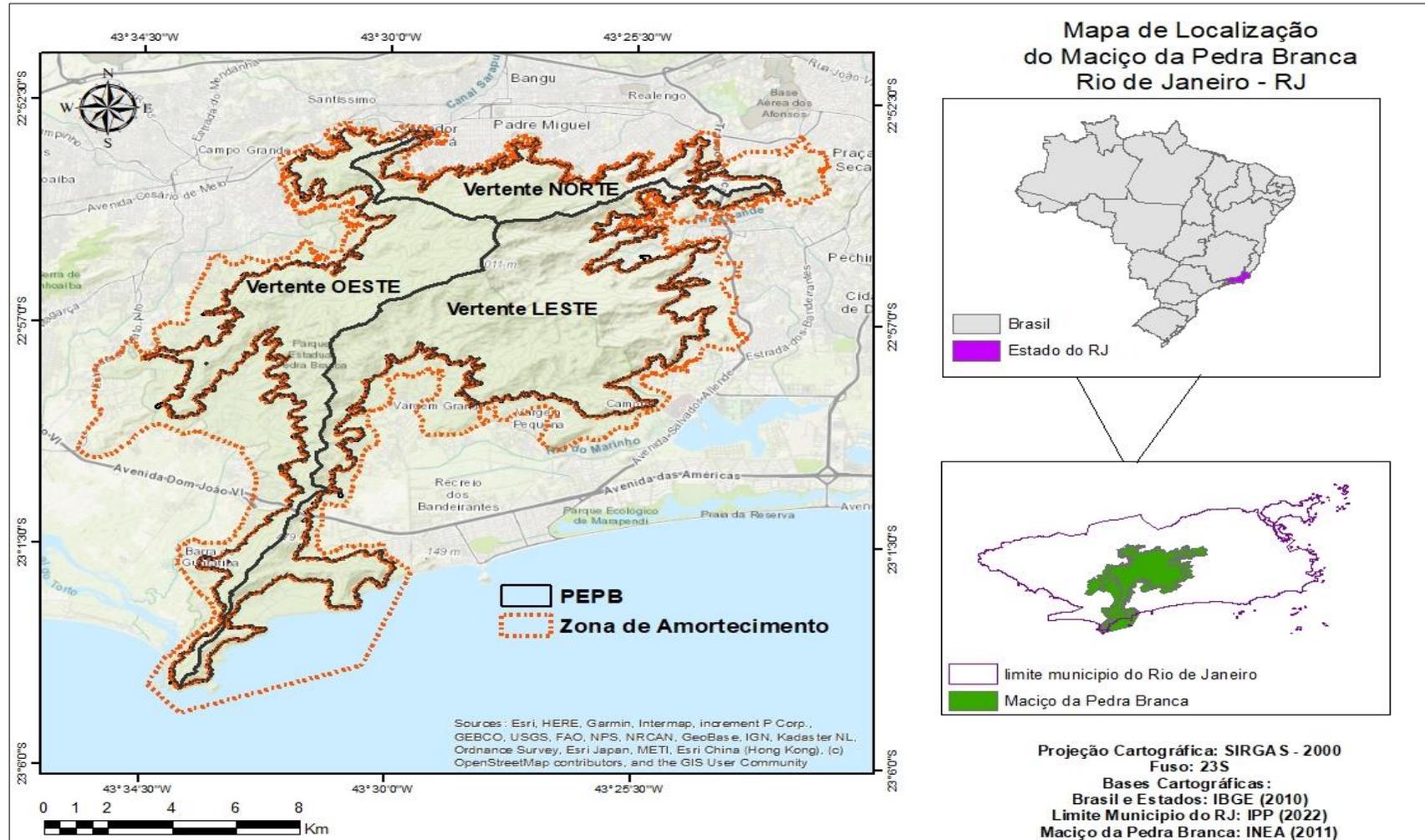
2.1.1 Localização do Maciço da Pedra Branca

O maciço da Pedra Branca, localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro (Mapa 01), possui a uma das mais importantes unidades de conservação o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), além de demais unidades de conservação sobrepostas, como a Área de Proteção Ambiental (APA) Pedra Branca, e os Parques Nacionais Municipais da Prainha e Grumari.

A unidade de conservação foi criada por lei estadual em 28 de junho de 1974, abrangendo uma superfície de 12.393,84 hectares. O parque é de administração do Estado do Rio de Janeiro, está sob responsabilidade da Diretoria de Biodiversidade e

Áreas Protegidas (DIBAP), subordinada ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), (RIBEIRO, 2013). Os bairros que encontram-se no seu entorno e na sua zona de amortecimento, na vertente oeste, são: Guaratiba, Campo Grande, Augusto Vasconcelos e Santíssimo; vertente norte: Senador Camará, Bangu, Padre Miguel e Realengo; vertente leste: Jardim Sulacap, Taquara, Jacarepaguá, Camorim, Vargem Pequena e Vargem Grande.

Mapa 1 - Mapa de localização do maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: INEA (2011); IBGE (2010); IPP (2022)

2.1.2 Dos aspectos climáticos

Os sistemas atmosféricos são compostos pelas massas de ar, pelas frentes e pelos centros de ação. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) mencionam que a atmosfera do Brasil possui a atuação de seis centros de ação: o anticiclone dos Açores, o anticiclone do Atlântico, depressão do Chaco, o anticiclone Migratório Polar e a depressão do mar de Weddell.

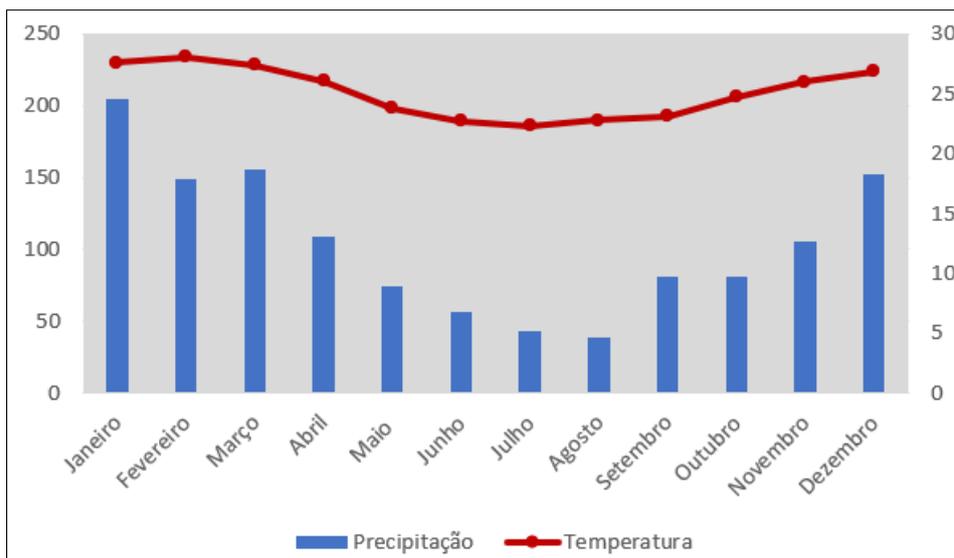
No sudeste brasileiro, nas regiões tropicais, durante todo ano ventos de leste originados do anticiclone do Atlântico sopram e trazem uma temperatura mais elevada justificada pela intensa radiação solar e com grande umidade devido à evaporação marítima, e a partir desse sistema forma-se a massa tropical atlântica, responsável por manter a estabilidade do tempo. À medida que esta massa adentra o continente, esta vai perdendo a umidade, por conta da rugosidade do relevo, as vertentes barlavento e sotavento provocam essa alteração (NIMER, 1972).

A atuação do anticiclone polar resulta em perturbações que geram instabilidade no tempo, com processos frontais. Este sistema ao chegar na América do Sul divide-se em dois sub-ramos, onde um prossegue a oeste dos Andes e o outro a leste da cordilheira. Com a chegada verifica-se um aumento nas precipitações, mais frequentes na estação do verão, durante o inverno ocorre uma queda nas temperaturas. (NIMER, 1972; SANT'ANNA NETO, 2005). Outros sistemas promovem a instabilidade do tempo como as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que resultam na formação de um corredor de umidade favorecendo a entrada da Massa Equatorial Continental no Sudeste, geralmente quando ocorre nota-se alta pluviosidade que podem ocasionar eventos excepcionais.

O município do Rio de Janeiro apresenta uma complexidade, principalmente devido à sua orografia, com o maciço da Tijuca que separa as zonas Sul e Norte, o maciço Gericinó-Mendanha ao norte e o maciço da Pedra Branca a oeste, que contribui na grande variabilidade espacial da precipitação, além da cidade receber a influência do Oceano Atlântico, ao sul, e das baías de Sepetiba à oeste, e da Guanabara à leste (PRISTO et al, 2018).

O Gráfico 01 com as médias compensadas de temperatura e precipitação representam o comportamento climático no período de 30 anos.

Gráfico 01- Normal Climatológica do Município do Rio de Janeiro (1981 – 2010)

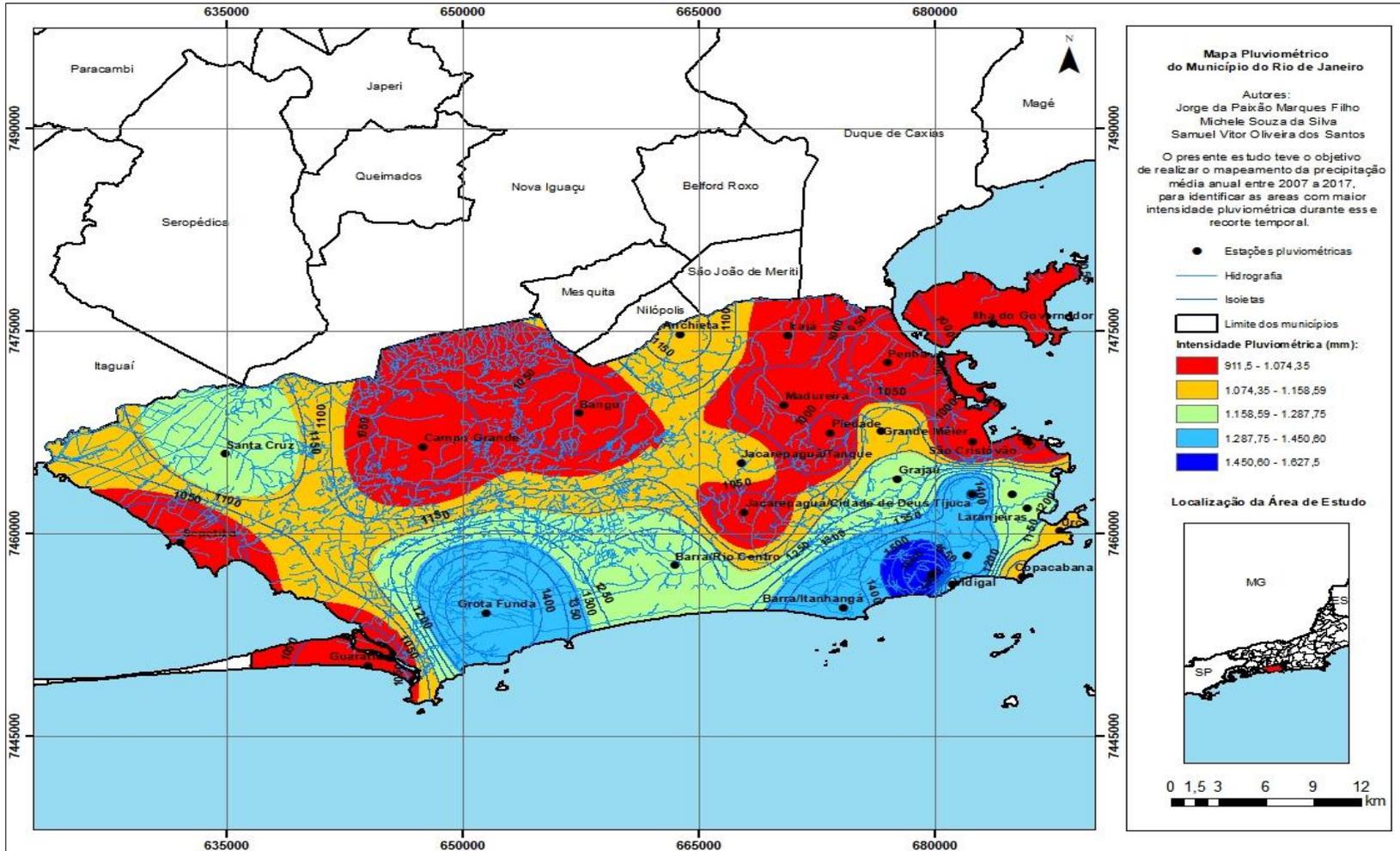


Fonte: INMET <<https://portal.inmet.gov.br/normais>> acesso em 13/02/2022.

Os meses de maior acúmulo de precipitação são dezembro, janeiro e março, com precipitações que podem ultrapassar 100 milímetros no acumulado do mês. E os meses mais secos são os representativos da estação inverno de junho a agosto com acumulados igual e inferiores a 50 milímetros. É importante destacar os períodos de sazonalidade e eventos extremos que podem acontecer em alguns anos, com precipitações que podem atingir o esperado para um mês chuvoso em apenas um dia, que ocorrem sob influência de fenômenos com as entradas de frentes polares com formação de sistemas frontais (DERECZYNSKI et al., 2009). As temperaturas são superiores nos meses do verão, com médias que podem ultrapassar 28°C no mês de fevereiro, e tornam-se amenas no inverno, em torno de 21°C a 24°C.

Silva et al. (2020) elaboraram o mapeamento com a distribuição das chuvas no município do Rio de Janeiro, a partir dos dados fornecidos pelas estações pluviométricas da Geo/Rio, sistema Alerta Rio, localizadas pela cidade, no período 2007 a 2017. A Figura 12, mostra a distribuição espacial da pluviosidade média anual. Nota-se que os bairros da zona oeste: Campo Grande, Sepetiba, Guaratiba, possuem a média anual entre 911, 5 e 1074 mm. Enquanto que na vertente barlavento do Maciço da Tijuca, principalmente entre o Vidigal e Itanhangá, os valores ficam entre 1.450 e 1.627 mm na média anual.

Figura 12- Mapa pluviométrico do Município do Rio de Janeiro



Fonte: Silva et al. (2020, p.162)

Dentre as diferentes classificações climáticas propostas Ayoad (1996) destaca que existem duas abordagens, uma é genética e a outra é empírica ou genérica. Na primeira a classificação está relacionada com os controles climáticos que são fatores (circulação do ar, radiação e fluxos de umidade) que determinam os diferentes tipos de clima. A segunda baseia-se nos próprios elementos climáticos observados e seus efeitos sobre a vegetação ou o ser humano, sendo consideradas classificações respaldadas na influência do clima sobre o homem. No modelo de classificação climática genética insere-se a de H. Flohn de 1950; Arthur Strahler de 1969; de Terjung e Louie de 1972. E, nos modelos empíricos a de W. Köppen elaborada entre 1900 e 1930; a de Thorntwaite de 1948; e a de Miller em 1965.

Para o município do Rio de Janeiro as classificações de Strahler e Köppen são as mais utilizadas. A classificação de Strahler é baseada nos centros de ação, nas massas de ar e processos de frontológicos somados as características das precipitações de cada lugar, separados por: **climas das latitudes baixas** (controlados pelas massas de ar equatoriais e tropicais) , **climas das latitudes médias** (controlados pelas massas de ar tropicais e massas de ar polares) e **climas das latitudes altas** (controlados pelas massas de ar polares) (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Assim, o clima do Rio de Janeiro, de acordo com Strahler é o clima tropical úmido ou tropical litorâneo, que apresenta chuvas mais abundantes durante a estação do verão, e sob a influência das massas tropical marítima e polar atlântica.

A classificação de Köppen relaciona o clima com a vegetação, mas os critérios numéricos também foram utilizados para definir os climas. O primeiro modelo de 1900 voltava-se para as zonas de vegetação, o segundo modelo lançado em 1918 foi revisado colocando um maior foco para a temperatura, precipitação e suas características sazonais (AYOAD, 1996). Desse modo, o modelo de classificação climática tem como padrão a definição dos cinco tipos climáticos, representados pelas letras em maiúsculo A,B,C,D e E, acrescenta-se as letras correspondentes a temperatura e precipitação, e nas subdivisões são consideradas os aspectos da distribuição sazonal da precipitação e temperatura, conforme a Figura 13.

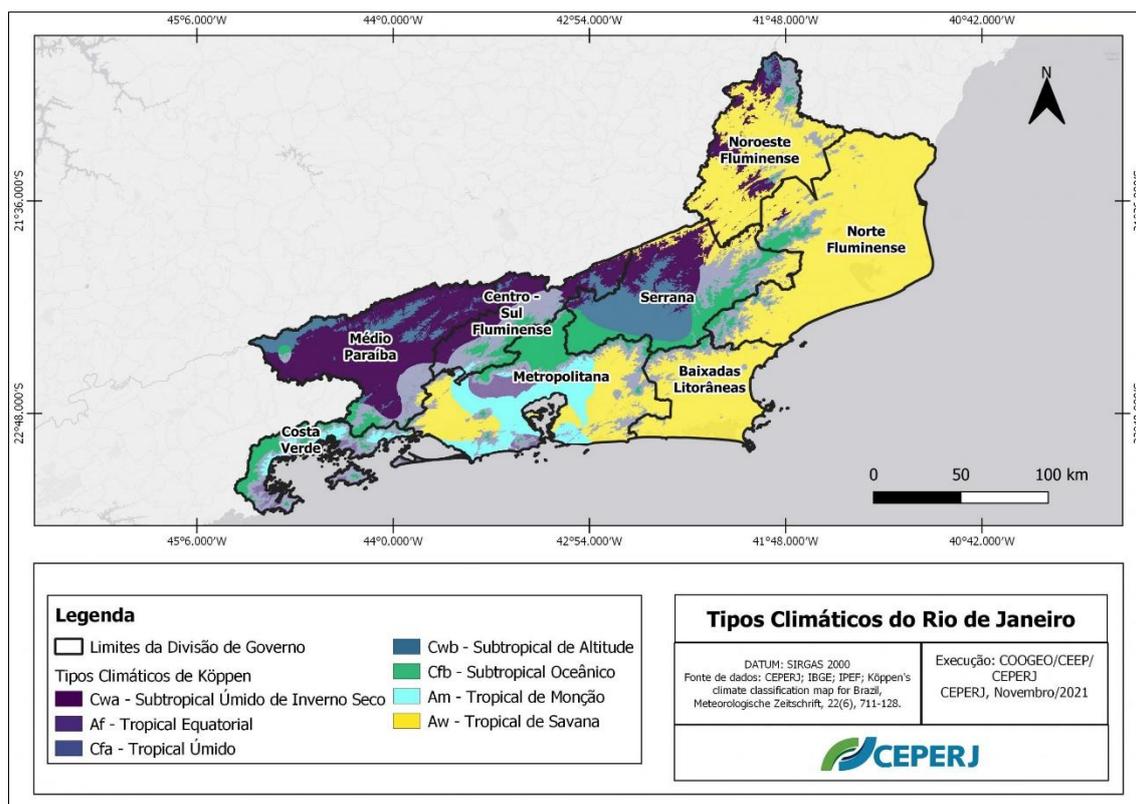
Figura 13- Classificação climática de Köppen

Código	Tipo	Descrição	Primeira letra		
A	Clima tropical	<ul style="list-style-type: none"> • Climas megatérmicos • Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C • Estação invernal ausente • Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual) 			
B	Clima árido	<ul style="list-style-type: none"> • Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm) • Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual • Não existem cursos de água permanentes 			
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	<ul style="list-style-type: none"> • Climas mesotérmicos • Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C • Temperatura média do mês mais quente > 10°C • Estações de Verão e Inverno bem definidas 			
D	Clima continental ou Clima temperado frio	<ul style="list-style-type: none"> • Climas microtérmicos • Temperatura média do ar no mês mais frios < -3°C • Temperatura média do ar no mês mais quente > 10°C • Estações de Verão e Inverno bem definidas 			
E	Clima glacial	<ul style="list-style-type: none"> • Climas polares e de alta montanha • Temperatura média do ar no mês mais quente < 10°C • Estação do Verão pouco definida ou inexistente. 			
Terceira letra			Segunda letra		
Código	Descrição	Aplica-se aos grupos	Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
a: Verão quente	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do ar no mês mais quente ≥ 22°C 	C-D	S	<ul style="list-style-type: none"> • Clima das estepes • Precipitação anual total média compreendida entre 300 e 760 mm 	B
b: Verão temperado	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C • Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C 	C-D	W	<ul style="list-style-type: none"> • Clima desértico • Precipitação anual total média < 250 mm 	B
c: Verão curto e fresco	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C • Temperaturas médias do ar > 10°C durante menos de 4 meses • Temperatura média do ar no mês mais frio > -38°C 	C-D	f	<ul style="list-style-type: none"> • Clima húmido • Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano • Inexistência de estação seca definida 	A-C-D
d: Inverno muito frio	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do ar no mês mais frio < -38°C 	D	w	<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas de Verão 	A-C-D
h: seco e quente	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média anual do ar > 18°C • Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C) 	B	s	<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas de Inverno 	A-C-D
k: seco e frio	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média anual do ar < 18°C • Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C) 	B	w'	<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas de Verão-outono 	A-C-D
			s'	<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas de Inverno-outono 	A-C-D
			m	<ul style="list-style-type: none"> • Clima de monção: • Precipitação total anual média > 1500 mm • Precipitação do mês mais seco < 60 mm 	A
			T	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C 	E
			F	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura média do mês mais quente < 0°C 	E
			M	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitação abundante • Inverno pouco rigoroso 	E

Fonte: <<https://wp.ufpel.edu.br/glaubermaryano/files/2014/01/Unidade-V-Classifica%C3%A7%C3%B5es-Clim%C3%A1ticas.pdf>> acesso em 13/02/2022

Ao observar o mapa de classificação climática de Köppen para o Estado do Rio de Janeiro (Figura 14), identifica-se no município do Rio de Janeiro os tipos climáticos: Aw – Tropical de Savana; Am – Tropical de Monção; Cfa – Subtropical úmido; e o Cfb – subtropical com verão moderado. Na maior porção a oeste do município percebe-se o clima Aw, que tem como características um clima tropical com chuvas de verão. O clima Am ocupa a maior área, sendo um clima tropical com precipitação total anual média acima de 1.500 mm e precipitação inferior a 60 mm no mês mais seco. Nos maciços predominam os tipos climáticos Cfa que é o clima temperado ou temperado quente, com chuvas em todos os meses do ano e com verões quentes, e o tipo Cfb pode ser identificado no topo dos maciços, que também está inserido no clima temperado ou temperado quente, com chuvas em todos os meses do ano ou úmido, com verões temperados cujas temperaturas no mês mais quente são inferiores a 22°C e as temperaturas médias nos quatro meses mais quentes são superiores a 10°C.

Figura 14- Classificação climática de Köppen para o Estado do Rio de Janeiro



Fonte: Fundação CEPERJ – COOGEO (2021).

<https://www.ceperj.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2021/11/dominios_climaticos_koppen_2-scaled.jpg>
acesso em 13/02/2022.

Santana et al. (2005) compararam as classificações de Köppen e a de Thorntwaite para o município do Rio de Janeiro, os autores constataram que o modelo proposto por Thorntwaite apresenta mais sensibilidade no que tange aos regimes térmicos e hídricos, que variam do super-úmido mesotérmico ao sub-úmido seco megatérmico. No modelo de Köppen três variedades foram identificadas de clima quente e úmido e um de tropical de altitude. Um outro fator verificado foi a discriminação dos tipos de clima nas Baixadas de Sepetiba e Jacarepaguá, e nos maciços da Pedra Branca e Tijuca, enquanto o tipo climático de Köppen o Aw é o predominante, no de Thorntwaite é possível notar uma unidade sub-úmido megatérmico. Contudo, os autores destacam que os modelos são semelhantes. Além disso, a ausência de um maior número de estações meteorológicas, principalmente na zona oeste acaba ocasionando generalizações climáticas.

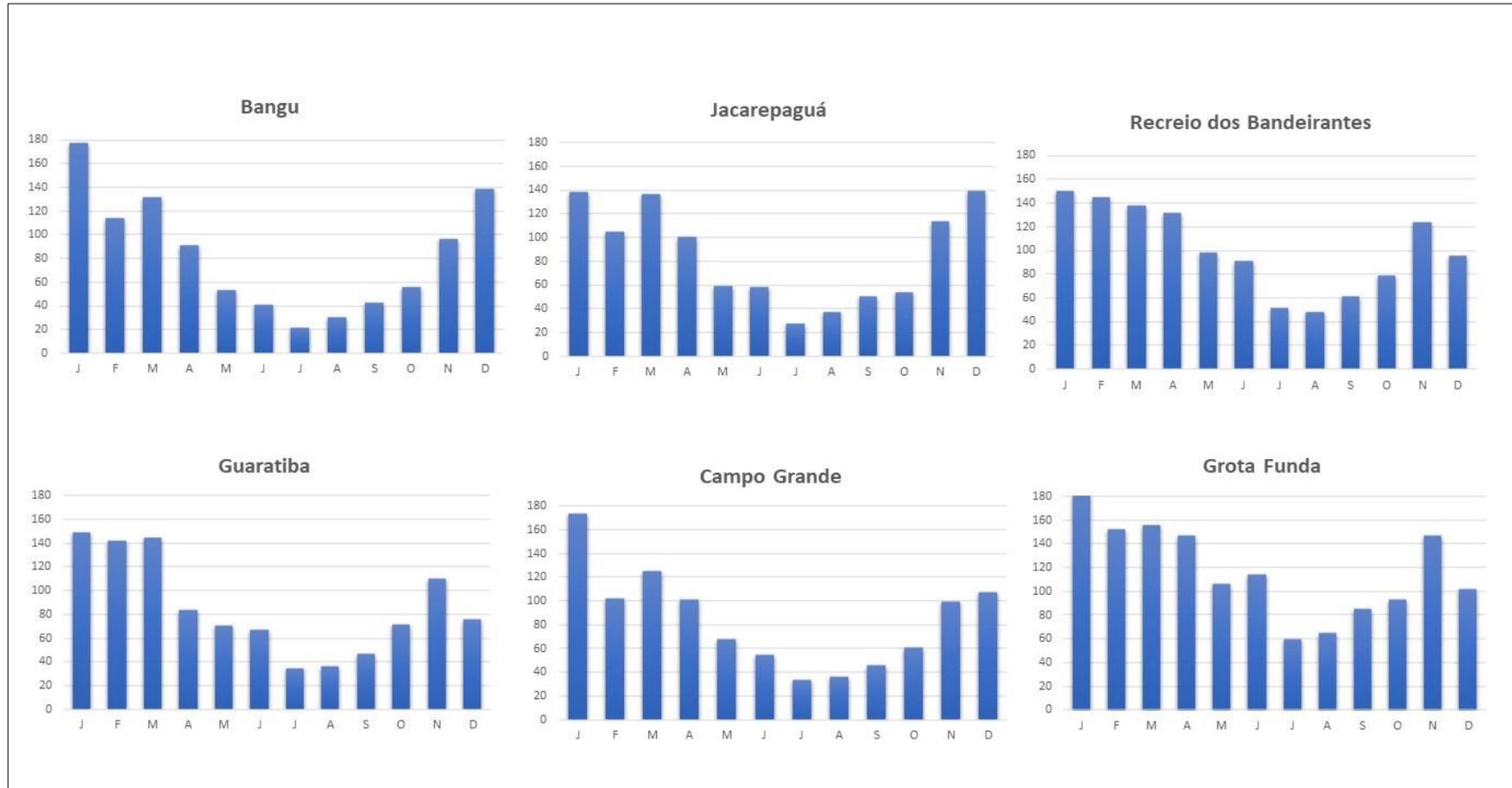
O maciço da Pedra Branca tem uma importante atuação no clima local dos bairros da zona oeste, sobretudo os localizados nas vertentes norte, uma vez que estes

bairros se encontram na vertente sotavento (LUCENA,2005). Assim, a vertente leste, que encontra-se a barlavento do maciço recebe maior umidade, apresentando diferenças fisiográficas na sua vegetação que é mais densa e arbórea, quando comparada com a vertente norte e oeste, que está a sotavento, que recebe ventos mais secos e com menor umidade, apresentando uma composição de vegetação gramíneo-lenhosa e arbustiva.

A Figura 15 representam as médias de precipitação das estações pluviométricas do Alerta-Rio, no período de 2011 a 2021, com as informações dos dados adquiridos das estações localizadas nos bairros próximos ao Maciço da Pedra Branca. A pluviosidade auxilia na identificação das vertentes mais úmidas e a mais secas, nota-se que as estações dos bairros Recreio dos Bandeirantes e Grota Funda, apresentam o maior média. Como já esperado, os meses com maior quantidade de chuva correspondem a estação verão, sendo os meses mais secos julho e agosto. As estações que registraram menor volume pluviométrico encontram-se nos bairros de Campo Grande e Bangu, corroborando com o conhecimento das vertentes oeste e norte serem consideradas as mais secas.

As encostas leste/sul recebem mais ventos úmidos, principalmente as que estão voltadas para a Baixada de Jacarepaguá e regiões litorâneas, nota-se a circulação de ventos mais frescos e úmidos, tais condicionantes tornam essas encostas mais vulneráveis aos processos erosivos e as enchentes nas baixadas devido ao aumento da pluviosidade (RIBEIRO, 2013).

Figura 15- Precipitação média dos bairros próximos ao maciço da Pedra Branca – RJ, no período de 2011 a 2021



Fonte: GeoRio/AlertaRio ,2011 – 2021.

Corroborando com as informações fornecidas na Figura 15 com as médias da precipitação. Costa (2006) utilizando das estações da Geo/Rio, Sistema Alerta Rio, estabeleceu as médias de chuva entre os anos de 1997 e 2005, nas estações pluviométricas, localizadas próximas ao Maciço, verificando que a estação da Grota Funda destaca-se com o maior volume pluviométrico. Já os bairros de Bangu e Guaratiba apresentaram os menores volumes no referido período.

2.1.3 Dos aspectos geológicos e geomorfológicos

Dentre as considerações sobre a geologia do estado do Rio de Janeiro, Silva e Cunha (2001) mencionam que este está na província da Mantiqueira, que possui uma grande área e a sua complexa estrutura fora afetada durante o ciclo orogênico neoproterozoico/cambriano (Brasiliano) na América do Sul.

Tupinambá et al. (2020) completam destacando que o Rio de Janeiro encontra-se no Escudo Atlântico, com uma constituição litológica de rochas cristalinas, profundas, formando o embasamento das bacias sedimentares do período paleozoico e das bacias sedimentares do período mesocenoicos que fazem parte da margem continental brasileira. O desgaste sofrido na parte da crosta continental permitiu o afloramento das rochas ígneas plutônicas e metamórficas de alto grau formadas durante o pré-cambriano e paleozoico no território fluminense.

Os granitos pós-colisionais, formaram as maiores elevações da serra do mar e os maciços litorâneos isolados (TUPINAMBÁ et al., 2020)

Porto Júnior et al., (2018) analisaram o Granito Pedra Branca, este por sua vez está inserido dentro da evolução geológica do segmento da Faixa do Ribeira, com idade eopaleozoica, e Heibran et al. (1995) mencionam que faz parte de um complexo de sistemas de dobramentos gerados junto à borda sul-sudeste do Cráton do São Francisco.

O complexo granítico da pedra Branca, presentes no maciço, representam corpos intrusivos com grande quantidade de rochas ácidas que fazem parte dos enclaves arredondados dioríticos e com quartzos dioríticos (PORTO JÚNIOR, 1994).

Na Serra da Capoeira Grande e o Morro do Silvério, ambos localizados no bairro Pedra de Guaratiba e que fazem parte do complexo de morros e serras do maciço,

possuem como composição litológica o granito rosa com a direção dos cristais de microclina e de orientação na direção NE-SW (ALMEIDA; NASCIMENTO, 2020).

Quanto a composição de rochas mais antigas no maciço, estas compõem uma unidade paraderivada que são constituídas por gnaisses semipelíticos e pelíticos, que intercalam com quartzitos, calciossilicáticos e anfibolitos. Também encontram-se ortognaisses pré a sin-colisionais que apresentam características tonalítica a diorítica que são intrusivos no conjunto metassedimentar (PORTO JÚNIOE, 1994; 2004).

Os enclaves observados por Turbay et al. (2002) ao longo da Serra da Grota Funda mostraram uma região de contato entre um corpo intrusivo e o granito Pedra Branca, e suas encaixantes foram definidas como rochas metamórficas.

O estado do Rio de Janeiro é compartimentado em duas unidades morfoestruturais: o cinturão orogênico do Atlântico e as bacias sedimentares cenozoicas, dentro da unidade de cinturão orogênico destacam-se: os maciços costeiros e interiores, os maciços intrusivos, as superfícies aplainadas nas baixadas litorâneas, as escarpas serranas, os planaltos residuais, as depressões interplanáticas e as depressões interplantáticas com alinhamentos serranos escalonados; na unidade de bacias sedimentares temos os: tabuleiros de bacias sedimentares, as planícies flúvio-marinhas (as baixadas) e as planícies costeiras (CPRM, 2008).

No município do Rio de Janeiro os domínios morfoestruturais predominantes são os maciços destacando o Maciço da Pedra Branca e Maciço da Tijuca, que dentro das unidades geomorfológicas do estado do Rio de Janeiro são classificados como maciços costeiros e interiores, e o Maciço do Gericinó-Mendanha como maciço alcalino intrusivo. E as baixadas da Baía de Guanabara, de Sepetiba, e de Jacarepaguá, classificadas como planícies colúvio-alúvio-marinhas, e a Restinga da Marambaia como planície costeira.

O maciço da Pedra Branca, apresenta altitude moderada (o ponto culminante está na cota de 1024,68 m), com vertentes escarpadas, possuindo também feições de relevo mais suaves, onde pode-se encontrar várias serras e vales. À sudoeste (vertente oeste) temos as serras de Guaratiba e Cabuçu. À nordeste (vertente norte) é constituído pelas serras de Bangu, pequeno, Quilombo e Barata, e à noroeste (vertente norte) pelas serras do Lameirão e Viegas. À sudeste (vertente leste) temos a serra do Sacarrão, Sta. Bárbara e Nogueira (COSTA, 1986, 2002).

Dentre as principais características geomorfológicas, Ribeiro (2013) salienta a

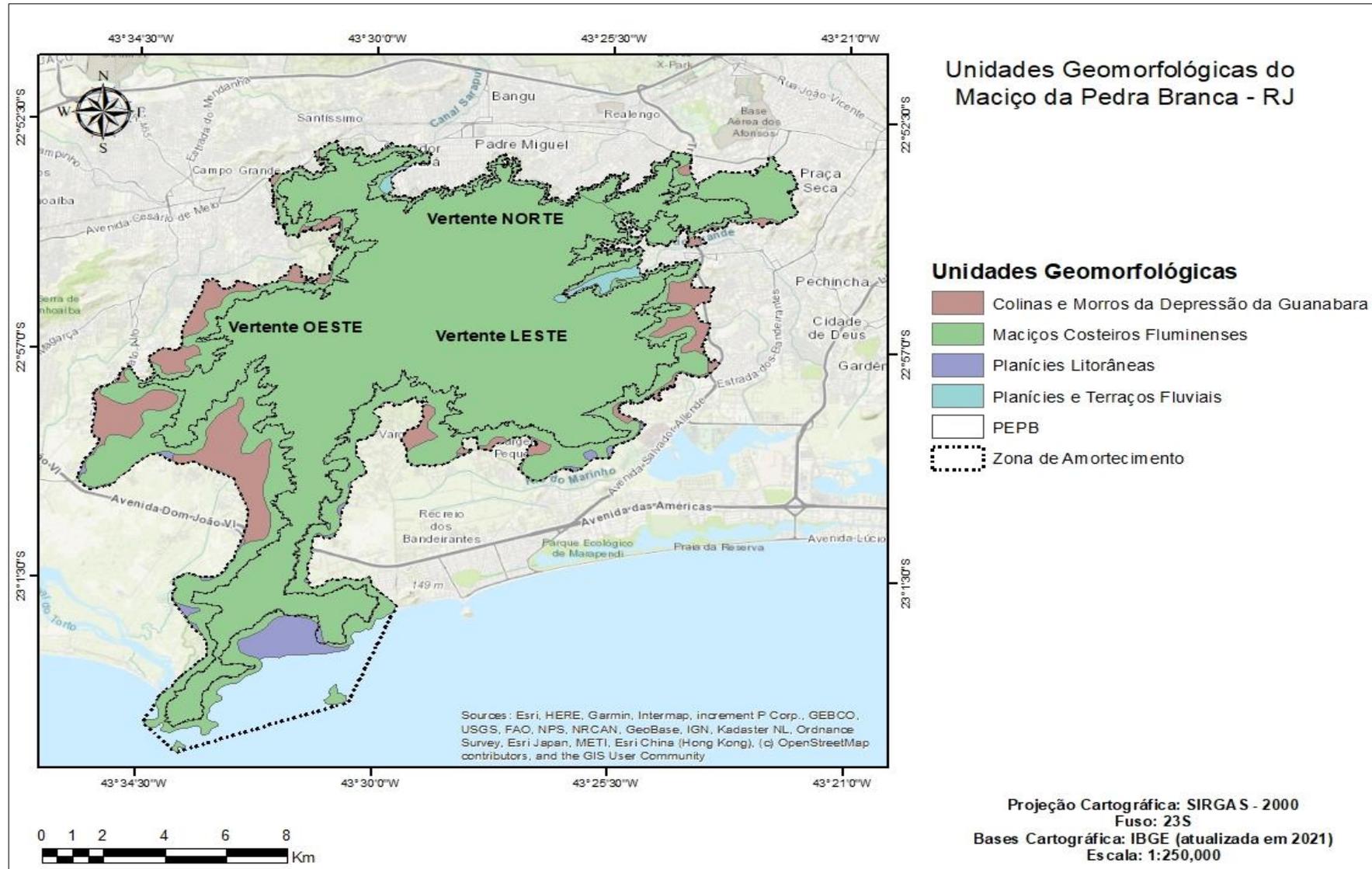
“(…) a presença de morros isolados de baixa altitude no entorno do maciço, os quais, em sua maioria, possuem encostas convexas, suaves e topos arredondados. Na baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba diferenciam-se as elevações de topos horizontais” (RIBEIRO, 2013, p.98).

No mapa 02 observam-se as unidades geomorfológicas de acordo com a classificação do IBGE com: Maciços Costeiros Fluminenses, Colinas e Morros da Depressão da Guanabara, Planícies Litorâneas e as Planícies e Terraços Fluviais. Na unidade do maciço destacam-se a presença de serras escarpadas, Cruz (1990) define escarpas com as vertentes que possuem declividades superiores a 22°, a autora a partir de suas análises das vertentes da Serra do Mar, destaca a importância da constante prevenção, pois as áreas de relevo escarpado possuem alta erodibilidade, principalmente diante de eventos naturais. Em todas as vertentes a presença de serras isoladas, e morros e colinas no entorno do maciço. Nas menores cotas identificam-se as planícies fluviais e litorâneas.

A declividade (Mapa 03) com base na classificação proposta pela EMBRAPA, a um predomínio da porcentagem 20 a 45% considerado forte ondulado, 45 a 75% que é o montanhoso e acima de 75% o escarpado. No mapa 04 a hipsometria mostra a altimetria que varia de 0 a 113 metros nas planícies até o ponto culminante de 1.024,67 metros.

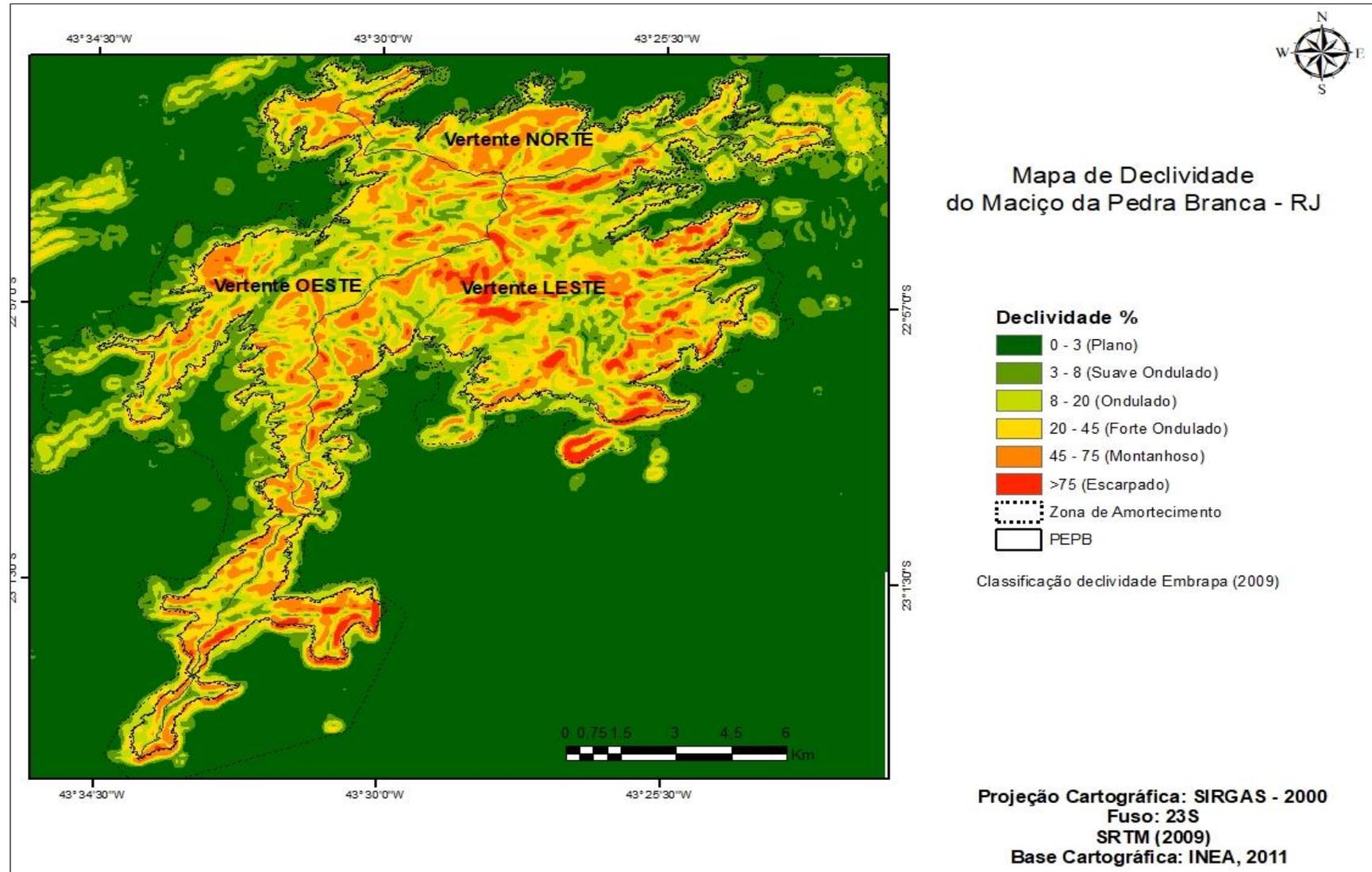
O mapeamento da orientação das vertentes é relevante para estabelecer uma correlação entre clima e a distribuição da vegetação, pois a orientação determina o grau de insolação em decorrência da mudança da posição do sol durante o dia (OLIVEIRA, 1984). No Mapa 05 observa-se a orientação das vertentes no maciço, considerando a variação da escala de cores, onde o vermelho representa o norte, que é a área que recebe maior insolação, enquanto os tons de verde claro e mais escuro aplicados para as vertentes sul e sudoeste demonstram a recepção de menor insolação. Assim, nota-se uma distribuição nas orientações por todo o maciço, contudo destaca-se o predomínio da orientação norte e noroeste nos bairros de Bangu, Realengo, Padre Miguel e Jardim Sulacap, e as orientações sul e sudoeste na vertente leste, principalmente nos bairros de Vargem Grande e Vargem Pequena.

Mapa 2- Mapa de Unidades Geomorfológicas do Maciço da Pedra Branca - RJ



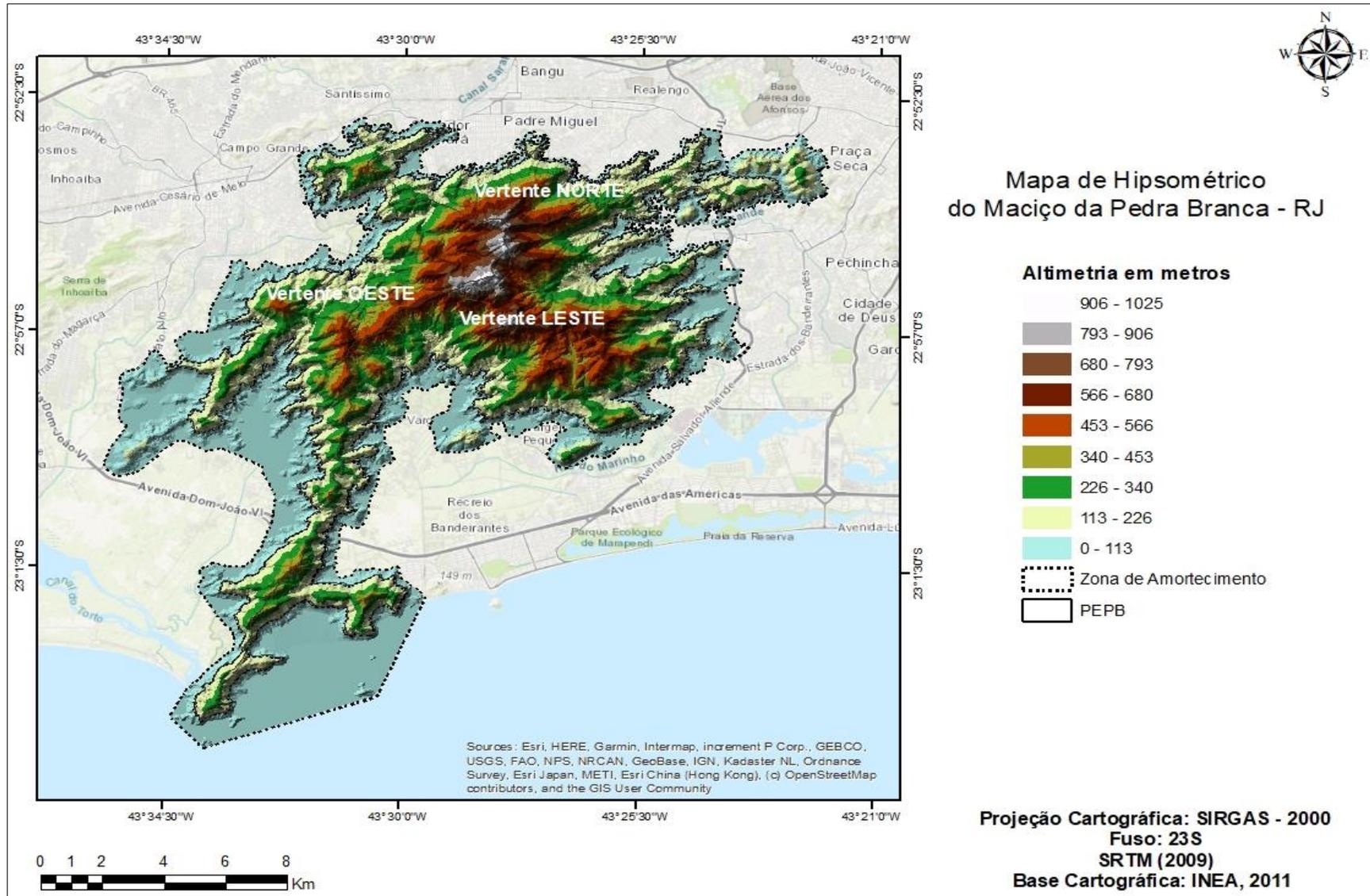
Fonte: IBGE, 2021.

Mapa 3- . Mapa de Declividade do Maciço da Pedra Branca - RJ



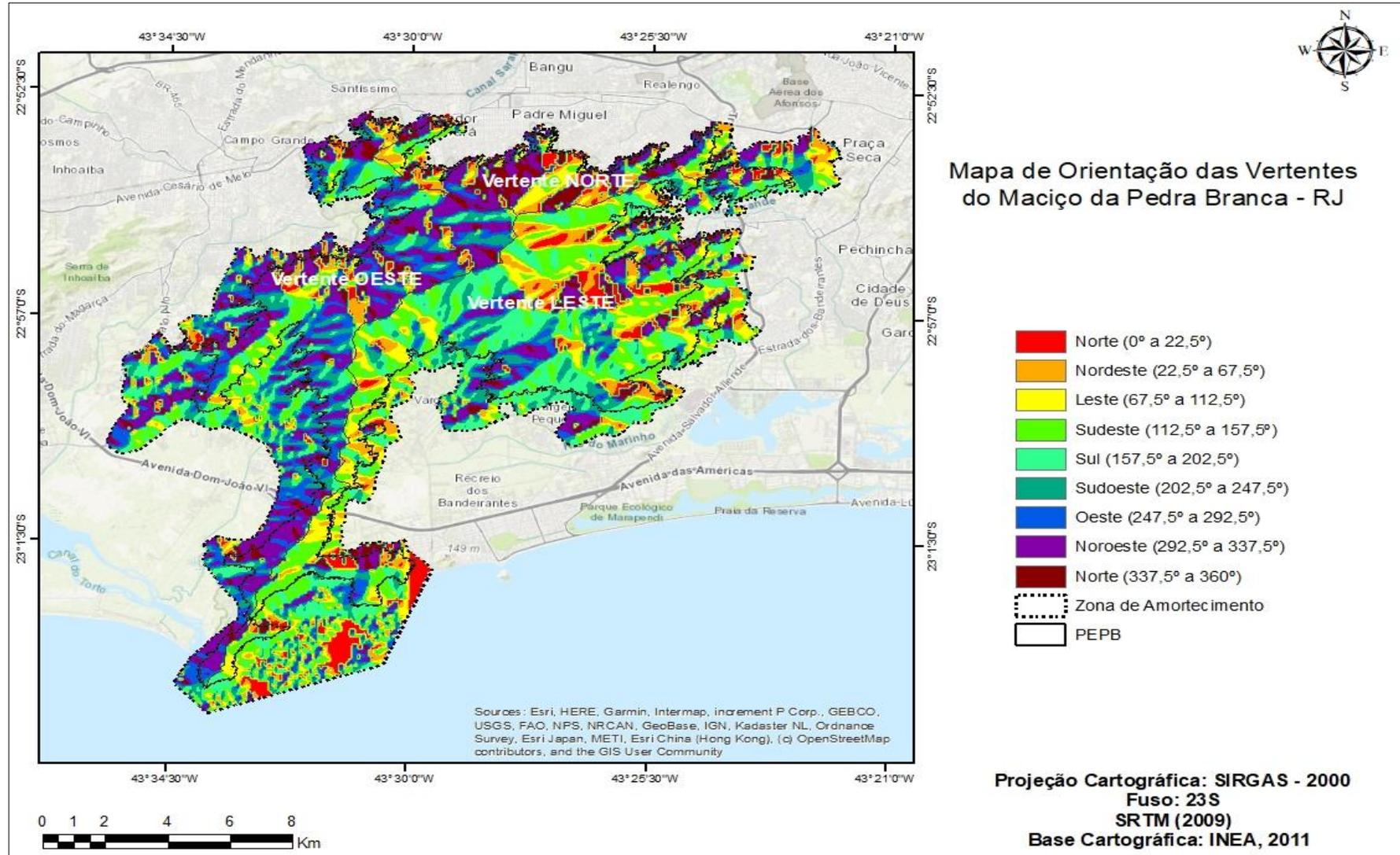
Fonte: Embrapa, 2009.

Mapa 4- Mapa Hipsométrico do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: EMBRAPA, 2009.

Mapa 5- Mapa de Orientação das Vertentes do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: EMBRAPA, 2009.

Em virtude de um relevo escarpado e que apresenta vários pontos com grande declividade, algumas situações relacionadas com movimentos de massa podem ocorrer e afetar a população que reside no interior e no entorno do maciço.

Huang et.al. (2020) citam que o processo erosão por ravinas em encostas de solos saturados pode ocorrer de forma diferente nas encostas onde o solo não está saturado, sendo assim a erosão do primeiro é uma preocupação premente. A saturação do solo pela água é capaz de desestabilizar os agregados, tornando-o mais suscetível a erodibilidade. As encostas, de acordo com os graus de inclinação representam maiores riscos para erosão, nas encostas íngremes a capacidade de desprendimento das partículas e o transporte dos sedimentos aumentam significativamente (HOLZ et.al., 2015).

As vertentes do maciço estão suscetíveis aos movimentos de massa. Costa (2002), Costa (2006) e Ribeiro (2013) mencionam os eventos de escorregamentos nas encostas durante períodos de maiores precipitações na cidade. Costa (2006) salienta que após o episódio de grande pluviosidade que ocorreu em 1996 foram mapeadas 371 cicatrizes nas encostas das vertentes leste, norte e oeste, além disso, menciona que vários pontos da trilha do Camorim sofreram deslizamentos, tendo a interrupção total do seu trecho.

De acordo com o relatório da Geo-Rio, em 1996, as chuvas que ocorreram nos dias 13 e 14 de fevereiro estiveram mais concentradas na vertente leste, foram registrados 135,3 mm no dia 14 de fevereiro na estação pluviométrica localizada em Jacarepaguá. O evento ocasionou 65 mortes e a destruição de 500 casas em todo o município. Na vertente em Pau da Fome, 13 casas foram devastadas e 03 pessoas morreram, na Figura 16 observa-se o movimento de massa ocorrido na Estrada do Pau da Fome.

Figura 16- Movimento de massa na Estrada do Pau da Fome em 1996



Fonte: GeoRio , 1996

Ribeiro (2013) destaca que a vertente leste é uma das mais suscetíveis aos movimentos de massa, principalmente nas cotas acima de 50 metros, as ocupações das áreas no interior do PEPB e no entorno contribuem para ampliar as fragilidades do terreno, assim como demais situações que envolvem os desmatamentos, os incêndios, os cortes nas encostas realizados de forma inadequada e as construções irregulares.

Um outro evento de grande magnitude aconteceu no dia 02 de março de 2020, desta vez a vertente mais afetada foi a norte, principalmente no bairro de Realengo, foram registrados cerca de 187 mm na estação de Bangu, em 24 horas, de acordo com o Alerta Rio. Devido ao volume pluviométrico, a Cachoeira do Barata, localizada no núcleo Piraquara, aumento muito a sua vazão, descendo em forma de enxurrada que acabou inundando casas e destruindo várias moradias. Nas Figuras 17 e 18 notam-se os pontos de escorregamento nas encostas e a força da água que levou vários carros para dentro de um córrego.

Figura 17- Pontos de escorregamento na vertente norte no bairro de Realengo



Fonte: Autora (sobrevôo da área em entrevista concedida a TV Globo em 03/10/2020).

Figura 18- Carros dentro de um córrego em Realengo



Fonte: TV Globo <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/03/03/desmatamento-no-parque-da-pedra-branca-pode-ter-agravado-enchente-em-realengo-diz-especialista.ghtml>> . Acesso em: 18/02/2022.

Os eventos extremos que provocam os desastres, devem ser avaliados em uma tentativa de reduzir os impactos. No Rio de Janeiro, os nossos principais episódios excepcionais estão pautados em situações de elevada pluviosidade. Silva (2016) com base nas informações fornecidas pelo IBGE, mostrou que a maioria dos desastres registrados no Estado do Rio de Janeiro são decorrentes, deslizamentos e

escorregamentos de encostas, seguidos de enxurradas e inundações bruscas e por enchentes e inundações graduais.

Os estudos técnicos constituem uma etapa importante na gestão dos riscos e proteção aos mais vulneráveis, considerando que é necessário identificar a localização das áreas de risco e principalmente se existem pessoas residindo no local.

2.1.4 Dos aspectos pedológicos

A pedologia relaciona-se com a identificação, o estudo da formação e a classificação dos solos. Guerra e Mendonça (2012) ressaltam que a formação dos solos é resultante de muitos processos geomorfológico e a sua interação com os pedológicos. Portanto, os solos podem ser considerados como sistemas abertos, na medida em que ganham e perdem matéria e energia, de modo que estes passam por um ajuste contínuo com as variações nos fluxos de massa.

O mapa semi-detalhado (Mapa 06) com a classificação dos solos pela EMBRAPA (2006), o recorte para o maciço da Pedra Branca mostra a distribuição dos solos, detalhando brevemente, a partir das análises de Lumbreras e Gomes (2004) no mapeamento de solos para o município do Rio de Janeiro, caracterizam-se os:

- a) Argissolos: apresentam maior teor de argila, principalmente nos horizontes subsuperficiais, foram desenvolvidos a partir dos gnaisses-graníticos dos embasamentos rochosos locais. A presença desse solo estende-se por toda a área do maciço;
- b) Chernossolos: são solos considerados de grande fertilidade, estão presentes em relevos fortemente ondulados, e o sua origem é formada a partir do material decomposto dos granidioritos e gnaisses. Encontram-se chernossolos na vertente oeste, nos bairros de Campo Grande e Guaratiba. Na vertente leste, tem uma pequena mancha entre os bairros de Vargem Grande e Vargem Pequena;
- c) Espodossolos: o horizonte subsuperficial desse tipo de solo possui um acúmulo de matéria orgânica e alumínio. Na composição granulométrica existe o predomínio de areia. Estão associados aos

sedimentos areno-quartzosos em áreas de baixadas de restingas, nota-se a aparição na vertente de Grumari;

- d) Gleissolos: com grande quantidade de argila, um dos aspectos relacionados com ambientes saturados por água, que são mal ou muito mal drenados, ocorrem em áreas de baixadas sedimentares do Quaternário;
- e) Latossolos: no Rio de Janeiro este tipo de solo é predominante nos maciços, nas altitudes superiores a 600 metros, em relevos forte ondulado a montanhoso. Entre os principais aspectos é que são solos em avançado estágio de intemperização e portanto bem desenvolvidos. No maciço da Pedra Branca, este solo ocupa a maior parte do topo, nas regiões de maior cota altimétrica, entre 566 a 1020 metros;
- f) Neossolos: tem a sua formação a partir de diferentes tipos de rochas, em áreas de declividade superior a 50%, são encontrados nas baixadas de Jacarepaguá, Sepetiba e da Guanabara;
- g) Organossolos: relacionados com os depósitos do Holoceno nas áreas de baixadas, com elevado teor de matéria orgânica em decorrência da deposição e acúmulo de resíduos provenientes dos vegetais e que podem apresentar a mistura de materiais minerais. Estes solos podem ser encontrados sob a forma de organossolos tímórficos em Jacarepaguá, Camorim e na orla de Sepetiba;
- h) Planossolos: prevalecem os solos álicos com textura arenosa na superfície e aumento no teor de argila na subsuperfície. A baixa permeabilidade na subsuperfície proporciona ciclos de redução e oxidação de ferro, atribuindo uma coloração acizentada para este tipo de solo. São encontrados na vertente leste, nos bairros de Camorim, Jacarepaguá e Taquara. E em Jardim Sulacap, vertente norte.

Sobre as implicações dos tipos de solo aos riscos de deslizamentos, Costa (2006) aponta que:

No Maciço da Pedra Branca, o manto coluvionar que recobre a média/baixa encosta do maciço é pouco espesso, apresentando blocos soltos ou parcialmente sepultados no material fino (argila e silte), distribuindo-se erráticamente pelas vertentes, entulhando vales ou formando depósito de tálus em suas bases. Nestes locais, os riscos de deslizamentos e desmoronamentos são constantes o que põem em perigo a população humana e compromete os recursos naturais do maciço (COSTA, 2006, p.83)

Lumbreras e Gomes (2004) corroboram que as áreas de maior vulnerabilidade situam-se nos Maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó-Mendanha e em alguns morros isolados, que possuem Latossolos, Argissolos e Chernossolos, pouco espessos em áreas com declividade de 45 a 75%, e com afloramento rochoso. Já nas baixadas as áreas mais vulneráveis compreendem as lagoas, como a de Jacarepaguá, Camorim, Tijuca e Marapendi; a área de restingas, com solos espodosolos, neossolos quatzarênicos e organossolos.

2.1.5 Dos aspectos hidrológicos

A maciço da Pedra Branca possui vários divisores de água, formando bacias e sub-bacias hidrográficas em suas vertentes, favorecendo para a formação de uma extensão rede hidrográfica. Na porção da vertente leste o prolongamento longitudinal da serra forma um grande divisor de água que conduz o fluxo hídrico nas direções leste e oeste.

Costa (2006) salienta que a rede hidrográfica do maciço contribui para o abastecimento de águas nas baixadas próximas, com a existência de represas que são controladas pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e esgotos). De acordo com o plano de manejo do PEPB de 2013:

A drenagem no interior do PEPB pode ser dividida em: a) sub-bacias de leste, que conduzem os fluxos em direção à costa atlântica, drenando o aglomerado urbano da região oeste de Jacarepaguá e arredores; b) sub-bacias de oeste, que conduzem os fluxos superficiais em direção à baía de Sepetiba, drenando toda a região leste dessa baixada; c) sub-bacias de norte, que drenam a área urbanizada sul da baixada fluminense e deságuam os fluxos na baía da Guanabara. (INEA, 2013).

Os principais rios, com base nas informações fornecidas pelo IPP – Rio, que fazem parte das sub-bacias hidrográficas e a sua distribuição espacial podem ser observados na Quadro 5 e no Mapa 07:

Quadro 5- Rios das vertentes do maciço da Pedra Branca - RJ

Vertente	Rios
Norte	Rio Piraquara, Rio Registro, Rio Carangueijo e Rio Viegas.
Leste	Rio Pequeno, Rio Grande, Rio do Areal, Rio da Divisa, Rio do Cedro, Rio do Engenho Novo, Rio Mucuiba, Rio da Água Fria, Rio da Figueira, Rio da Roseira, Rio da Calha, Rio São Gonçalo, Rio do Camorim, Rio da Cancela, Rio Calemba, Rio Firmino, Rio Morto, Rio Cabungui, Rio do Virgílio, Rio Portão, Rio Bonito, Rio do mundo, Rio da Toca.
Oeste	Rio Cabuçu, Rio dos Gatos, Rio do Lameirão, Rio do Rosário, Riacho da Virgem Maria, Rio do Portinho, Rio da Batalha, Rio do Chacrinha, Rio Carapia, Rio Lavras, Rio das Tachas, Rio Retiro, Rio Cabaceiro, Rio da Grota Funda, Rio Escola, Rio Domingo Ferro e Rio Itapuca.

Fonte: IPP-Rio. Organização: autora, 2022.

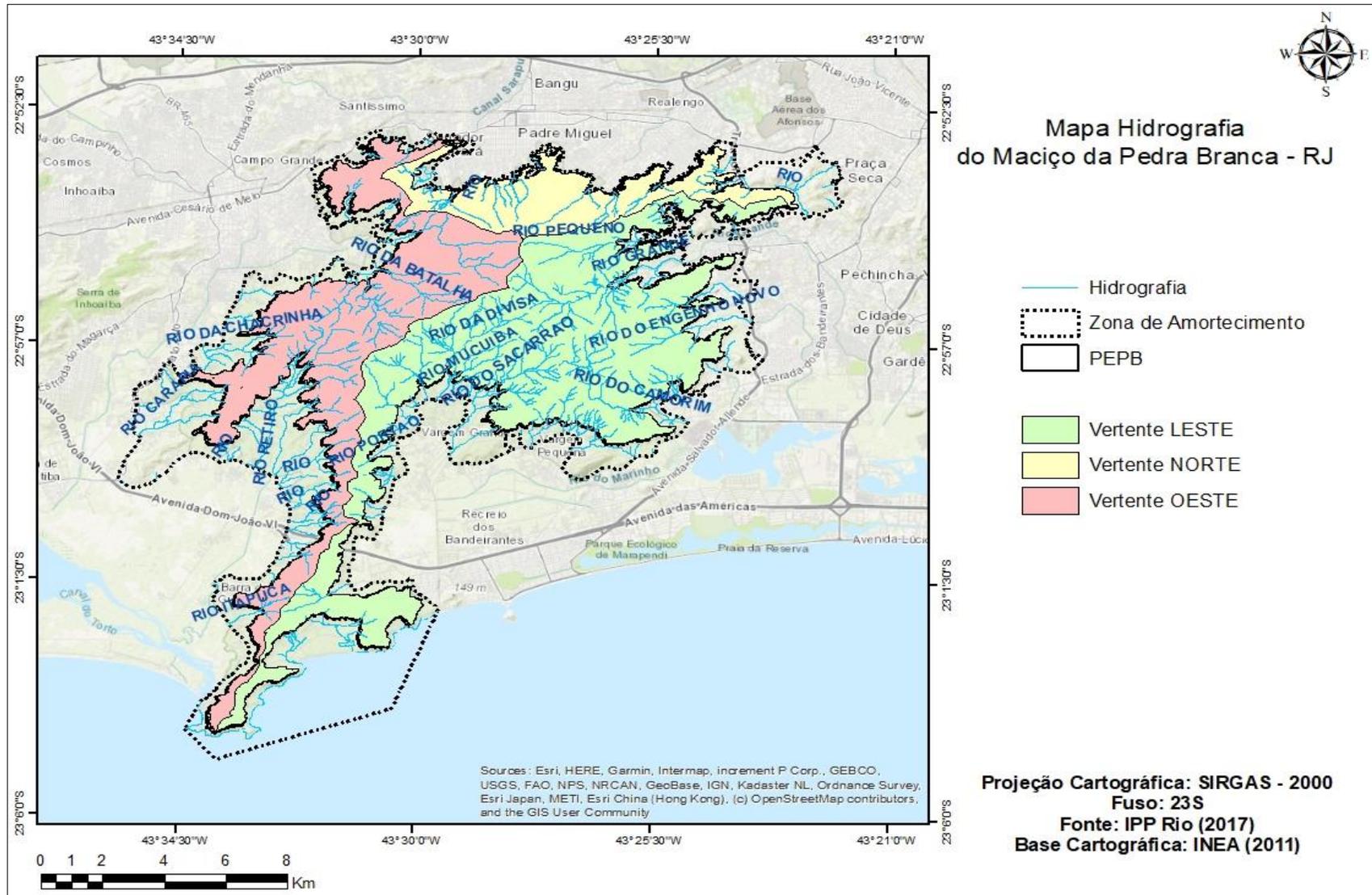
A vertente leste possui uma maior rede hidrográfica com canais principais e seus tributários, seguida da vertente oeste. De acordo com Costa (2006), a bacia de maior vazão é a Bacia de Arroio Fundo que tem o seu rio principal o Rio Grande, sendo uma importante bacia hidrográfica que deságua na Baixada de Jacarepaguá, que em 1996 devido ao aumento das precipitações acabou elevando a sua vazão e causando movimentos de massa nas encostas e enchentes.

Os rios estão suscetíveis às inundações durante os episódios de precipitação extrema. Nascimento e Costa (2019) identificaram através do mapeamento pela metodologia análise multicritério, várias áreas suscetíveis a inundações na Bacia do Rio Grande, localizada na Baixada de Jacarepaguá. Nas áreas mais planas e próximas a drenagem da bacia, os resultados apontaram altíssimo risco para tais eventos.

Em Guaratiba, Lima (2017) analisou a bacia do Rio Portinho através de mapeamentos das áreas de risco e identificação das vulnerabilidades, foram realizadas durante a investigação não apenas o mapeamento das áreas sujeitas a inundação, como também foram estabelecidas uma correlação com os usos, a história social, que tem uma grande relação com as práticas de uso agrícola. A autora comprovou o potencial para inundação na bacia hidrográfica e os riscos para os moradores.

Na qualidade das águas, Silva e Silva (2009) apresentaram os estudos feitos sobre a poluição das águas no Rio Sacarrão, localizado em Vargem Grande, os resultados mostraram que a qualidade está na faixa de médio a bom, o que demonstra que a preservação da vegetação e as poucas ocupações estão contribuindo na conservação do rio, contudo, foram encontrados uma alta concentração de coliformes fecais, indicando que de alguma forma as ocupações próximas estão afetando para esse elevado número.

Mapa 07- Mapa Hidrográfico do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: DATA RIO – IPP, 2017

2.1.6 Da composição da vegetação

A vegetação do maciço faz parte do mosaico de remanescentes de floresta de mata atlântica do município do Rio de Janeiro. Os maciços costeiros: Pedra Branca, Tijuca e Gericinó-Mendanha resguardam o que restou dessa vegetação após sucessivos desmatamentos e devastações que ocorreram desde a invasão dos colonizadores.

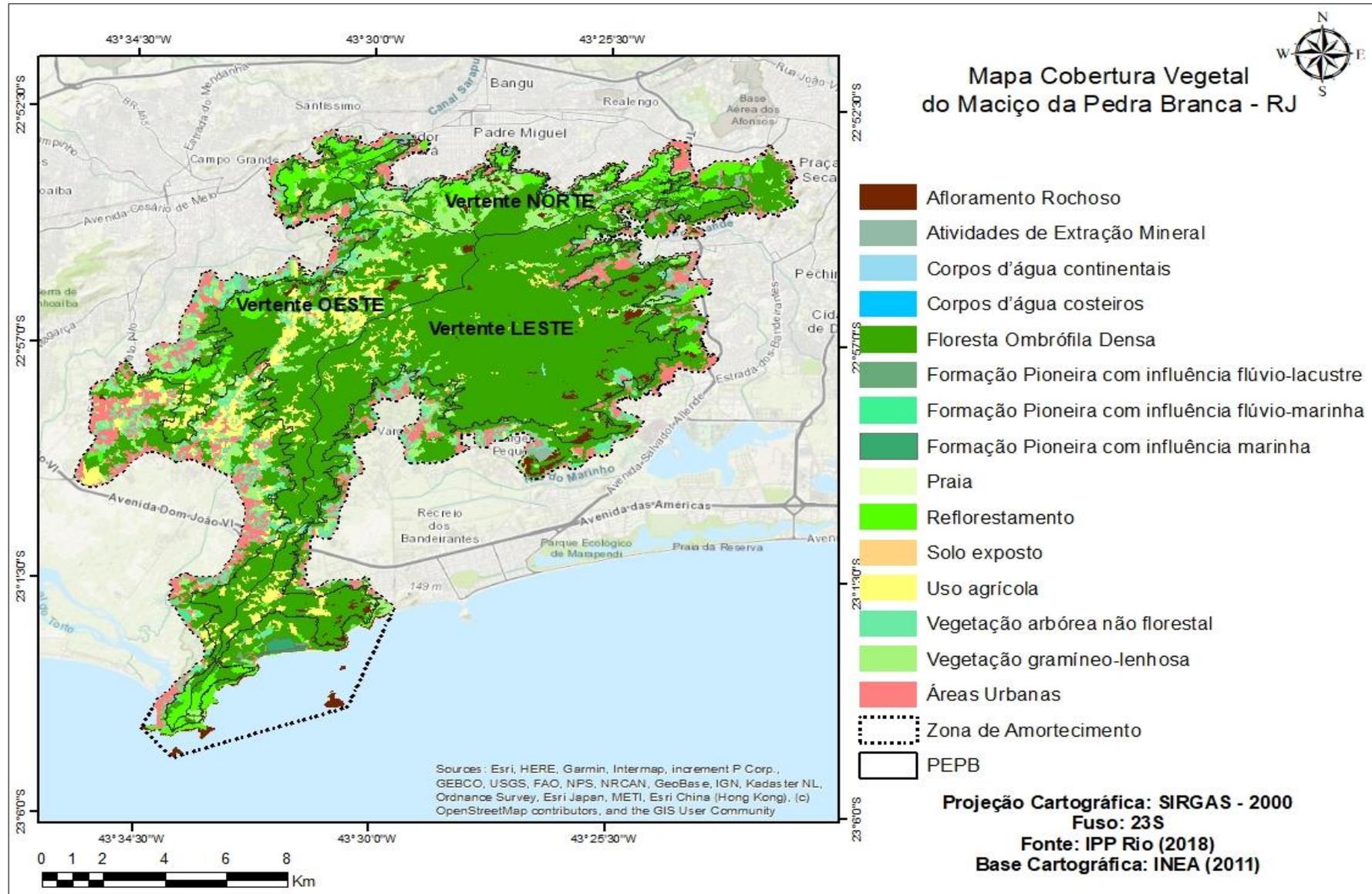
A mata atlântica é um bioma diversificado, apresenta uma megadiversidade de suas florestas tropicais que acompanha as inúmeras feições geomorfológicas e climatologias em várias escalas. Uma forma de floresta úmida que impressionou os primeiros naturalistas e viajantes. Nas altitudes, os solos mais rasos a vegetação de campos dominam, com a formação de campos sobre as rochas (campos de altitude) ou campos entre rochas (campos rupestres). Porém, à medida que os solos vão se tornando mais espessos, a evolução de perfis mais drenados permite o enraizamento das espécies arbóreas, com o surgimento de florestas (GRAEFF,2015).

A floresta pluvial atlântica é por vezes, genericamente, denominada de Floresta Ombrófila Densa, Graeff (2015) salienta que tal termo está associado a condição pluvial (ombrófila) ao seu caráter denso.

As florestas pluviais atlânticas possuem densas sinúsias arbóreas inferior e arbustiva, onde as plantas são quase todas perinófilas e muitas apresentam macrofilas ou dotadas de folhas acuminadas, de forma a transpirem abundantemente ou, no segundo caso, facilitarem o escoamento da água. Epífitas são abundantes, tanto em quantidade de indivíduos, quanto em números de espécies, sendo as famílias Orchidaceae e Bromeliaceae as de maior importância fitossociológica: ao nível do solo, também se desenvolve flora herbácea digna de nota, por ser razoável a iluminação natural (Op.Cit., 2015)

A composição da vegetação do maciço, de acordo com o mapeamento realizado pelo IPP em 2018 para o município do Rio de Janeiro, possui as seguintes classes: floresta ombrófila densa; vegetação arbórea não florestal; vegetação gramíneo-lenhosa; formação pioneira com influência flúvio-lacustre; formação pioneira com influência marinha; formação pioneira com influência flúvio-marinha, além das áreas de reflorestamento. No Mapa 08 é possível identificar a distribuição da vegetação e das demais classes de uso no maciço. Nota-se que a vertente norte possui a maior área com vegetação gramíneo-lenhosa e com vários pontos de reflorestamento. A vegetação ombrófila densa ocupa a maior porção da vertente leste. As áreas de uso agrícola concentram-se na vertente oeste.

Mapa 08- Mapa de cobertura vegetal do maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: DATA RIO – IPP , 2018.

Dos aspectos fisionômicos, conforme a classificação realizada pelo IPP (2018), as classes de vegetação podem ser descritas como:

- a) Floresta Ombrófila Densa;
 - Estágio Inicial: características herbáceo/arbustiva, pode ter cobertura aberta ou fechada, com predomínio de espécies heliófilas e lenhosas com diâmetro em média de 5 cm e podendo atingir 5 metros de altura;
 - Estágio Médio: fisionomia arbustivo/arbórea, com espécies de árvores que podem variar de 10 a 20 cm de espessura e com altura de 5 a 12 metros, com cobertura fechada e início da formação de estratos e serrapilheira;
 - Estágio avançado: Já apresenta características arbóreas, com diâmetro médio de 20 cm e altura superior a 20 metros, com grande variedade de espécies lenhosas, cobertura fechada com formação de um dossel uniforme, com a presença de cipós, epífitas, serrapilheira constante e com muita decomposição.
- b) Formação Pioneira com influência marinha: vegetação com formação por influência do mar, conhecida como Restinga, aparece nos substratos arenosos, como cordões de praias e dunas. É uma das vegetações mais afetadas pela antropização, restando poucos remanescentes;
- c) Formação Pioneira com influência Flúvio-Marinha: vegetação costeira, os manguezais, ocorre em ambientes de transição flúvio-marinhos, presentes nas enseadas, baías, foz de rios, e nas margens de lagunas. Podem ser encontrados, em Guaratiba, na Restinga da Marambaia, em Pedra de Guaratiba;
- d) Formação Pioneira com influência Flúvio-Lacustre: áreas conhecidas como brejos, com terrenos permanentemente alagados, ocorrem nas antigas montanhas sedimentares formadas entre os cordões de restinga e as elevações. Passaram por grandes alterações devido as ocupações urbanas, porém seu predomínio é na Baixada de Jacarepaguá. Divido em brejo herbáceo, bastante alterados pelos

- canais de drenagem; e mata paludosa, atualmente encontra-se quase extinta na baixada;
- e) Vegetação arbórea não florestal: estão enquadradas na categoria de áreas arbóreas que não são coberturas vegetais nativas, decorrentes do plantio, espaços verdes urbanos, como parques, bosques e projetos paisagísticos;
 - f) Vegetação Gramíneo-lenhosa: categoria que incluem vegetação com aspectos fisionômicos como arbustos, graminóides como a espécie Capim-Colonião, comumente está presente em áreas alteradas, com poucas espécies de plantas, e que em alguns casos passaram por processos de queimadas;
 - g) Reflorestamento: as áreas de reflorestamento fazem parte dos projetos para restauração ecológica, através do plantio de mudas nativas de mata atlântica, com o objetivo de recuperar as encostas degradadas.

A agricultura desenvolvida no maciço, principalmente a banana, o caqui, as plantações de tubérculos e leguminosas, dentre outras culturas competem com a floresta. Costa (2006) em sua pesquisa encontrou florestas secundárias junto com o cultivo de banana, que é um dos produtos agrícolas de maior expressividade na agricultura de subsistência. Ainda de acordo com a autora “pontos dispersos de vegetação degradada com substancial propagação invasora, ficam evidenciados nas transições com os campos e pastagens da vertente continental do maciço” (COSTA, 2006, p.85).

As análises com o uso da imagem do satélite Ikonos, Cintra et.al. (2007) identificaram que as florestas em estágio inicial ocupavam 2%, em estágio médio 13%, estágio avançado 26% e floresta madura 19%. Os autores ressaltam que mesmo com o avanço antrópico no entorno, existe um predomínio de vegetação em estágios avançado e maduro, o que justifica-se pela maior área do maciço corresponder a vertente voltada para o sul, que recebe mais umidade e possui menor incidência de insolação.

Ainda assim, a degradação do ambiente é notável, a vertente norte é a mais deteriorada, quanto mais próximo a zona de amortecimento percebe-se o domínio em várias áreas o parque da espécie capim – coloniã, que é considerada invasora, sua dispersão ocorre em solos mais secos, adaptada a temperaturas mais elevadas. Utilizada

para alimentação de animais, essa planta acaba tomando o lugar nas áreas desmatadas. Um dos maiores problemas enfrentados pela gestão do PEPB são as queimadas, o que acaba sendo agravado durante os meses mais secos de junho a agosto, conforme evidencia Coura et. al. (2009), através de mapeamentos, os autores demonstraram que a vertente norte apresenta alto grau de combustibilidade, principalmente por conta das características da vegetação com predomínio de gramíneas e vegetação secundária em estágio inicial, próximo a zona de amortecimento.

2.2 Geourbanização do maciço da Pedra Branca

Para compreender os processos vinculados a expansão urbana, é preciso, antes de tudo, revisitar as memórias, as marcas e registros que foram deixados no passado, afinal o espaço, a paisagem ou o território é transformado, construído, por agentes naturais e sociais. Conforme destaca Milton Santos (2006):

No começo da história do homem, a configuração territorial é simplesmente um conjunto dos complexos naturais. A medida que a história vai fazendo-se, a configuração é dada pelas obras dos homens: estradas, plantações, casas, depósitos, portos, fábricas, cidades, etc; verdadeiras próteses. Cria-se uma configuração territorial que é cada vez mais o resultado de uma produção histórica e tende a uma negação natural, substituindo-a por uma natureza inteiramente humanizada. (SANTOS, 2006, p.39)

As primeiras ocupações humanas nas florestas de mata atlântica datam de milhares de anos, encontram-se registros dos habitantes dos Sambaquis no litoral e da população indígena Tupi-Guarani no Estado do Rio de Janeiro. Assim, as florestas podem ser consideradas espaços vividos, que abrigaram e abrigam diversas culturas que se estabeleceram durante a história da humanidade. As transformações das condições ambientais da mata atlântica é um processo resultante do modo como as populações de sambaquieiros, indígenas, caiçaras, imigrantes e afrodescendentes se relacionaram com o ambiente (OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA; ENGEMANN, 2011).

No sertão carioca² os primeiros registros de colonização ocorreram a partir das atividades agropecuárias, com destaque para importantes ciclo produtivos com a cana-de-açúcar, o café e a laranja.

² Os portugueses designavam o termo “sertão” para as que estavam localizadas distantes da capital Lisboa, de modo que a palavra “sertão” foi adaptada no Brasil para as terras interiores, ou seja, que encontravam-se longe do litoral (AMADO, 1995).

A produção canavieira teve seu início aproximadamente no século XVI indo até o início do século XVIII. Abreu (2006) menciona que houve três conjunturas econômicas no período da produção açucareira no Brasil. A primeira foi de meados do século XVI até a terceira década do século XVII, com o preço do açúcar elevado aconteceu um crescimento na cultura da cana-de-açúcar. Na segunda, em uma fase de transição que perdurou até a década de 1650, os valores passaram por flutuações somados a um período de grandes dificuldades econômicas, a queda do preço do açúcar e o aumento das tributações das capitânicas brasileiras contribuiu na redução nas lavouras. A partir de 1690 verificou-se uma retomada dos preços anteriores e com isso o favorecimento para a ampliação do cultivo que adentraram o século XVIII. Nas pesquisas realizadas pelo autor, entre 1691 e 1700 a Baixada de Jacarepaguá contava com um 11 engenhos, Campo e Guaratiba possuíam 10 engenhos. Evidenciando assim, a importância dessas instalações nessas localidades limítrofes ao Maciço da Pedra Branca.

A Figura 19, publicada no *Jornal do Comércio*, mostra a distribuição dos engenhos com a produção de aguardente entre os anos de 1838-1839, nota-se a localização dos engenhos nas freguesias de Campo Grande, Jacarepaguá e Guaratiba.

Para a moagem da cana os engenhos precisavam contar com a força da água ou dos animais (os bois). Assim, inicialmente muitos engenhos localizavam-se em planícies, contudo Peixoto e Lima (2020) evidenciam que o *Engenho do Camorim* foi construído na encosta do maciço para poder aproveitar melhor a força gravitacional do Rio Camorim.

“Instalado num corredor circunscrito pela cadeia montanhosa, onde se podia ter controle absoluto sobre quem entrava pela estrada ou descia pelo maciço, o Engenho do Camorim parece ter tirado proveito de todas as vantagens topográficas e ambientais locais.” (PEIXOTO; LIMA, 2020, p.20). Ainda, de acordo com os autores, o caso do Engenho do Camorim, acabou repercutindo como parâmetro para a instalação de outros engenhos, nas bases do maciço na Baixada de Jacarepaguá.

Figura 19- Produção de aguardente nos engenhos da corte de 1838-1839

RECEBEDORIA DO MUNICIPIO.

Tabella da quantidade de aguardente fabricada nos engenhos do municipio da corte, na safra do anno financeiro de 1838-1839, com declaração da que foi vendida para o consumo das freguezias de fóra da cidade, e da que se remetteu para o trapiche da ordem, a saber:

Ns.	ENGENHOS.	Consumo.		Trapiche.
		Pipas.	meds.	
1	Do Matto	23		
2	Novo de Bemfica	26		4
<i>Irajá.</i>				
3	Vicente Carvalho	2	90	
4	Cabuby	3		
5	Provedor	5		
6	Portinho	2		
7	Porto do Merity	10		
8	Nazareth	16	90	103
9	N. S. da Graça	9	90	41
10	N. S. da Apresentação	11		
11	Novo da Piedade	20		
12	N. S. da Conceição	8		
13	Portella	12		
14	Botafogo	24		
15	Affonsos	11		
16	Boa Esperança	12		12
17	Sacupemba	22		12
18	Mira-Penha	1		7
19	Irajá	8		
20	Espirito Santo	7		
<i>Campo Grande.</i>				
21	Bangu'	10		18
22	Retiro	9		26
23	Coqueiros	5		
24	Lamarão	10		
25	S. Antonio	3	136	
26	Iohahyba	18		
27	Cabussu'	2		
28	Piraguara	24		
29	Capoeiras	3		
30	Mendanha	9		
31	Rio da Prata	12		
32	Juary	17		
33	S. Anna	5	56	
34	Viegas	27		
35	Palmares	7		
36	Matto da Paciencia	10		
37	Guandu' de Senna	34		
<i>Jacarepaguá.</i>				
38	D'Agua	11	30	
39	União	20		
40	Serra	9	90	
41	Novo da Pavuna	26		20
42	Taquara	58		
43	Camorim	3		
44	S. Francisco	12		
45	De Fóra (não moeu).			
<i>Guaratiba.</i>				
46	Pedra	7		
47	De Fóra	4		
48	Novo da Conceição	7		
49	Cabussu' de baixo (idem).			
50	Morro Cavado (idem), curato de S. Cruz.			
51	Piahy	25		
Somma. Consumo		622	pipas, 11 medidas.	
Trapiche		273		

Fonte: Jornal do Commercio, 1839.

<http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=364568_02&Pesq=%22produ%20c3%a7%20c3%a3%20aguardente%22&pagfis=11289> acesso em 13/01/2022.

Do mesmo modo corroboram Fróes e Gelabert (2005) ao relatar que os colonos priorizavam as construções e localização dos engenhos obedecendo como critérios os cursos e volumes dos rios, optando pelos rios de porte médio ou pequeno, pouco encachoeirados, perenes e de preferência que pudessem ser usufruídos no escoamento da safra e próximos ao litoral. As sesmarias que se situavam próximas aos perímetro das

vertentes norte e oeste do maciço beneficiavam-se dos rios da Prata do Mendanha, da Prata do Cabuçu, dos Cachorros, Guandu-Sapê e Guandu-Mirim.

O café teve uma grande importância na base econômica do país em meados do século XVIII prosseguindo no século XIX. No Rio de Janeiro foram introduzidas as primeiras mudas. Dean (1996) destaca que o café encontrou na província um ambiente favorável para o seu desenvolvimento, por conta das chuvas, são necessárias precipitações entre 1300 a 1800 milímetros anuais, por ser uma árvore de sub-bosque não possui sistema para armazenamento de água, além de transpirar continuamente. Assim, a princípio o café foi plantado no litoral, posteriormente foi transferido para um local mais fresco em áreas de planalto.

O plantio do café era realizado nas encostas por conta da drenagem, e apesar dos solos mais rasos, estes eram férteis principalmente pela biomassa e nutrientes gerados pela Mata Atlântica (DEAN, 1996). A produção de café logo foi espalhando-se para outras regiões mais favoráveis, como o Vale do Paraíba, entre 1860 e 1880. Portanto, apesar de ter marcado um período na história da cidade do Rio de Janeiro, pode-se considerar que esta cultura não teve um ciclo tão longo. Ainda assim, o cultivo do café concentrou-se especialmente nos maciços, com maior expressividade no Maciço da Tijuca, mas também com plantações no Maciço da Pedra Branca.

No maciço da Tijuca o plantio nas encostas foi realizado de forma intensiva, o que levou a um esgotamento do solo e dos recursos hídricos, que afetou o abastecimento de água em toda cidade. No Maciço da Pedra Branca também verificaram-se problemas ambientais por conta da devastação da floresta nativa para a inserção do café. Portanto, projetos de reflorestamento precisaram ser colocados em prática, em uma tentativa do restabelecimento do equilíbrio de outrora. O Major Manoel Gomes Archer, naturalista, que foi nomeado para tal tarefa, assim sementes e mudas foram plantadas.

A citricultura registra o último grande ciclo produtivo que ocorreu no sertão carioca, Abreu (1957) salienta que:

A cultura da laranja no Distrito Federal, em grande escala, desenvolveu-se pouco depois de 1920, devido às facilidades de financiamento de capitais ingleses e ao interesse de valorizar terras nas adjacências do Rio. O movimento pela cultura da laranja foi fomentado por alguns homens de negócio que fizeram grandes plantações em velhas fazendas, facilitaram a venda das terras divididas em pequenos sítios e organizaram viveiros para a expansão dessa cultura. (ABREU, 1957, p.159)

Corrêa (1936) em sua obra "*O Sertão Carioca*" faz menções aos laranjais localizados no vale do Rio Taquara, em Guaratiba, Camorim, Vargem Pequena, Vargem

Grande e Jacarepaguá. No entanto, Fróes e Gelabert (2005) ressaltam Campo Grande como um dos bairros que mais se destacou com a produção de laranjas “Até 1939, Campo Grande, juntamente com Realengo, Jacarepaguá e Santa Cruz, esteve entre os maiores produtores de laranja do país, chegando a exportar, neste ano, 144.577 toneladas” (FRÓES e GELABERT, 2005, p.185).

A citricultura no Rio de Janeiro possuía como característica o regime de pequenos sítios, sendo muito poucas as grandes fazendas, o que de fato predominavam eram os lotes e os sítios que foram adquiridos na esperança de obter grandes lucros com a venda de terras ou com as exportações (ABREU, 1957).

Não apenas a laranja, mas outras culturas desenvolveram-se no maciço, como a banana, que ocorreu concomitantemente, Abreu (1957) menciona que nas encostas que recebiam mais radiação encontravam-se os laranjais, nas vertentes escuras e úmidas predominava a banana. O cultivo da banana nas vertentes do maciço é predominante até atualmente, sendo responsável pela maior parte da produção dos pequenos agricultores que ainda permanecem dentro dos limites do PEPB.

Siqueira (1997) menciona que em Grumari e Barra de Guaratiba, por conta das vertentes úmidas, estas se mostraram mais propícias para a produção de bananas, “[...] investiram na banana prata e para isso faziam grandes desmatamentos com a derrubada de matas virgens e queimadas, onde os troncos eram aproveitados para o carvão” (SIQUEIRA, 1997, p. 47). Conforme observa-se na Figura 20 a presença de plantações de banana no Grumari em 1968.

Figura 20- Plantações de banana e outras culturas em Grumari



Fonte: Acervo dos municípios brasileiros – IBGE (1968). Acesso: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=440626> em 19/01/2022.

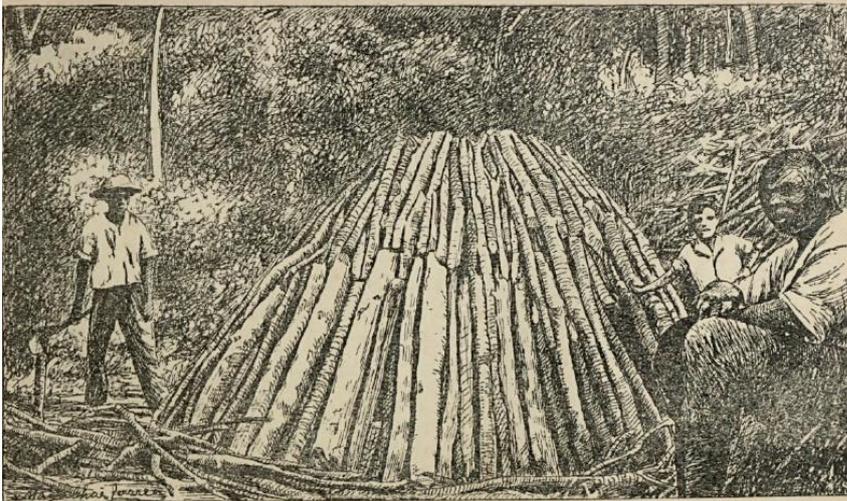
A citricultura começou a iniciar o seu declínio após a Segunda Guerra Mundial, vários fatores contribuíram para essa redução na produção e exportação de laranjas, entre eles a falta de mercado externo configurou-se como a principal, contudo Abreu (1957) também menciona que a falta do conhecimento científico para o trato com o solo e nas condições sanitárias como um motivo para a queda na cultura “Não somente a guerra afetou profundamente a citricultura, mas os próprios vícios originais como o pequeno espaçamento e a carência de calagem e adubação, que são os principais responsáveis pela produção unitária pequena e naturalmente cara” (ABREU,1957, p.162).

Dentre as atividades concebidas no maciço, a carvoaria teve um papel relevante, não apenas para moradias como também no processo de utilização da floresta como um recurso, através do fornecimento de biomassa na produção do carvão, a qual ocorreu entre os séculos XIX e XX. Oliveira e fraga (2011) salientam que em meados do século XIX inicia-se um intenso processo de produção de carvão vegetal nas encostas do maciço, motivado pela demanda por energia na cidade, a grande disponibilidade de recurso, a facilidade em produzir e baixo custo da mão de obra, principalmente pela alto contingente de desempregados após a abolição da escravatura em 1888, assim o maciço tornou-se a época um polo de geração de carvão.

Embora não existam muitos registros sobre as características dos carvoeiros, entende-se que estes eram ex-escravos alguns obtiveram sua alforria por meio de compra, ou foram libertos pela igreja, e por quilombolas constituído por escravos refugiados, que fugiram dos seus proprietários, assim foram habitar na floresta do maciço da Pedra Branca, como forma de obter o sustento para si e para suas famílias iniciaram a produção de carvão (OLIVEIRA e FRAGA, 2011; OLIVEIRA, et al., 2011; SALES et al, 2020).

De acordo com Sales et al (2020) para fazer o carvão era preciso apenas ter um machado, uma enxada e uma perdeneira (que é um tipo de isqueiro), e era importante estar próximo a uma fonte de lenha o que era garantido com a floresta do maciço, além também fazia-se necessário abrir uma área plana na encosta para instalar a carvoaria, boa parte da lenha vinha da vegetação próxima a plataforma construída. Na elaboração era construído uma espécie de lenha com revestimento de capim ou argila, chamado de “balão”, assim abafava a queima da lenha através da pirolização para transformar em carvão, um processo que durava por cerca de 25 dias, na Figura 21 observa-se a ilustração de um balão.

Figura 21- Ilustração com a formação do balão na produção de carvão no Mato Alto



Fonte: MAGALHÃES CORRÊA, 1936, p. 87.

No período da existência das carvoarias já havia a preocupação com a devastação da floresta, conforme Corrêa (1936) relatou em sua obra, a partir dos seus conhecimentos e expedições de campo, a retirada da cobertura vegetal das encostas do maciço para a fabricação de carvão.

As mattas do Districto Federal, compreendidas entre a Tijuca e Pedra Branca, sofrem estragos incalculáveis, não só para o commercio de lenha como de carvão (...) Quem passa bellas estradas de rodagem da Tijuca, Guaratiba, Rio Grande e mesmo pela rua Candido Benicio, vê bellissimos capoeirões verdejantes e mesmo mattas, mas se por curiosidade vir o lado opposto dos morros e encostas, terá uma grande decepção: só morros pellados! (Corrêa, 1936, p.85)

No entanto o que Corrêa não previu era o fim da atividade e com isso o restabelecimento da vegetação. Oliveira et al. (2011) argumentam que em seus trabalhos de campo, nos vestígios de ruínas das carvoarias observaram-se vegetação em avançado estágio sucessão ecológica, indicando uma regeneração da vegetação, assim os autores apenas corroboram que podem ter ocorrido como uma consequência do desmatamento, uma perda da biodiversidade, mas o mesmo não ocorreu em relação a biomassa.

A publicação da lei de nº 601 de 18 de setembro de 1850 estabelece sobre as terras devolutas do Império, em relação as que foram possuídas por título de Sesmaria sem preencher as condições legais, assim como o título de posse. A partir desta lei ficaram proibidas todas as aquisições de terras devolutas por outro título que não seja a compra. Assim, consolida-se no país a propriedade privada, ou seja, alteram-se a forma que ocorria em outrora com a doações de terras da Coroa, “Esta ampliação do mercado

fundiário e do caráter da propriedade privada significou a transformação da terra em mercadoria na então nascente economia capitalista brasileira. Foi a partir desse período que se organizaram os loteamentos” (FRIDMAN, 2017, p.238).

O processo de urbanização no sertão carioca decorre com a compra e venda de porções loteadas. O fim da citricultura marcou o término de um período agrícola para um momento de constante ampliação e crescimento urbano, os antigos proprietários dos sítios e fazendas passaram a ver o parcelamento e venda dos lotes de suas terras como uma oportunidade de ganhar dinheiro.

Os sítios de Jacarepaguá, Bangu e Campo Grande vão sendo invadidos pela avalanche de casas, numa expansão forçada, gerada pelo poder de atração da capital do país. As hortas, antes localizadas dentro da Cidade, devido à valorização daquele espaço, foram sendo eliminadas dos bairros mais povoados para os subúrbios e, mais tarde, para Jacarepaguá, Bangu e Campo Grande (FRÓES; GELABERT, 2005, p.194)

Os parcelamentos das terras em zonas suburbanas que iniciaram já no início do século XX permaneceram nas próximas décadas. Na zona oeste as maiores áreas loteadas localizavam-se nos bairros de Campo Grande e Jacarepaguá. Até os anos 60 a área loteada em Campo Grande quase quadruplicou. Assim, a divisão da zona oeste, que se manteve até o final dos anos 80, deu-se à disponibilidade de terras livres, pode-se dizer que no período compreendido entre 1937 e 1988, 90% da área loteada do município do Rio de Janeiro estava assentada (FRIDMAN, 2017).

As ocupações para as periféricas da cidade foram motivadas por algumas benfeitorias que propiciaram o deslocamento da população e a constituição de novas moradias. Abreu (2006) destaca que quatro fatores contribuíram no crescimento populacional nas periferias, as obras de saneamento realizadas na década de 30 pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), a eletrificação da Central do Brasil, a partir de 1935, uma tarifa ferroviária única em todo o Grande Rio; e a abertura da Avenida Brasil em 1946 a acessibilidade não só por toda cidade como também para a Baixada Fluminense. Através desses fatores proveio o que o autor chamou de uma “febre imobiliária”, refletindo no retalhamento de terrenos para criação de loteamentos, muitos criados sem a aprovação dos órgãos competentes à época.

Contudo, esse processo de divisão de terras não se deu de forma pacífica, muitos conflitos ocorreram, principalmente entre os lavradores e/ou posseiros, e por aqueles que se diziam “verdadeiros” detentores da terra, e nesse ínterim tem-se os grileiros.

Já no período da citricultura se verificavam alguns conflitos pela posse da terra, com fim do ciclo da laranja os produtores começaram a voltar para o cultivo de novos

produtos, porém começou a ter a falta de terras, que estavam gradativamente sendo incorporadas pelo mercado imobiliário (SANTOS, 2012).

Santos (2012) selecionou jornais voltados para a causa operária, sindicalista, ideologicamente de esquerda, juntamente com jornais de grande circulação, para compreender as disputas pela terra que se acirravam na zona rural carioca.

Havia quase que um consenso entre esses órgãos de imprensa quanto à avaliação dos efeitos da expansão do mercado imobiliário na zona rural: agindo como um vetor de expansão urbana sobre o Sertão Carioca, ele estava provocando a dizimação da agricultura carioca, acarretando prejuízos não só aos lavradores, mas ao bem-estar de toda a população da cidade. Esse tipo de visão foi o que norteou a tentativa dos órgãos de imprensa em explicar a “crise” da agricultura e o problema da instabilidade dos seus lavradores quanto à posse da terra. Ou seja, mais do que a percepção de uma crise em termos produtivistas, o que estava em jogo também eram as condições de vida de agentes sociais específicos. (SANTOS, 2012, p.269)

A publicação (Figura 22) no *Jornal Última Hora*, de 06/04/1963, corrobora com que é mencionado pelo autor, nos trechos da reportagem são relatadas a queda no consumo e na produção dos gêneros agrícolas, por conta dos impedimentos de uso da terra por parte dos grileiros, com despejo e emissão de posse contra os pequenos lavradores. Ainda são evidenciadas ações mais violentas com as ameaças e a destruição das plantações. Contudo, a reportagem destaca que mesmo com o desamparo do Governo do Estado, a região de Jacarepaguá produzia 70 caminhões de produtos hortigranjeiros que passavam pelo Mato Alto, e que os bairros de Campo Grande, Guaratiba, Sepetiba, Santa Cruz, Mendanha e Bangu produziam cinco vezes mais do que Jacarepaguá.

Figura 22- Publicação Jornal Última Hora sobre a produção agrícola no Sertão Carioca.

Sertão Carioca Está Sumindo: Produção Agrícola Caiu de 30% a 1% do Consumo

ENQUANTO o custo de vida no Rio sobe astronômicamente, os camponeses do sertão carioca são impedidos, pelos "tubões" dos loteamentos e "grileiros" de cultivar a terra. Dados oficiais atestam que a produção agrícola carioca, que em 1940 alcançava 30% do consumo de verduras e legumes, baixou em 1950 para 17%, chegando, em 1962, a apenas 1%.

No fim estão mais de dois mil pedidos de despejo e emissão de posse contra lavradores. Soa a massa falida da Sociedade Anônima Granja Avícola e Pastoral, em Guaratiba e Campo Grande, de uma só vez levou mais de 500 lavradores à Justiça.

"S.O.S." DA LAVOURA — Camponeses e "sem terra" da zona do Cortado, sofrendo, serias ameaças dos "grileiros", reivindicam a desapropriação, pelo Governo do Estado, de toda a área própria para o cultivo, encravada entre o mar, a margem esquerda da Estrada dos Bandeirantes, o rio Pavuna e as Lagoas de Camosim, Jacarepaguá e Marapendi. Lavradores do outeiro e das margens do rio Pavuna, cerca de 200 travam também violenta luta contra os "grileiros" de Curitiba, que querem se apoderar das terras para loteá-las na especulação imobiliária. As terras dessa região foram lagoas extintas pelo Departamento Nacional de Saneamento.

PLANTAÇÕES DESTRUIDAS — "Os grileiros estão destruindo nossas plantações, fazendo a gente toda sorte de ameaças para se apoderar de nossas terras. Os colonos analfabetos, esses, cotados, são simplesmente expulsos" — declarou a Uli o lavrador Antônio Carneiro Pinto, que trabalha uma área na Estrada Velha de Curitiba, 550 Jacarepaguá.

PRODUÇÃO ATUAL Apesar do desaparecimento do Governo do Estado a agricultura carioca, apesar da invasão da pouca

terras pelos "grileiros", só a região de Jacarepaguá produz diariamente 70 caminhões de seis toneladas cada, de produtos hortigranjeiros, que passam diariamente pela garganta do Mato Alto. As regiões de Campo Grande, Guaratiba, Sepetiba, Santa Cruz, Mendanha e Bangu produzem quatro a cinco vezes mais que Jacarepaguá.

BALANÇO DA SITUAÇÃO — A produção agrícola é originária de apenas um terço da zona própria para cultivo, disponível na Guanabara. Em lugar de crescer mais dois terços, o que se observa é que o sertão carioca vem sendo criminosamente reduzido, com a omissão não menos criminosa do Governo do Estado.

A situação está no seguinte pé:

- 1 predominam no sertão carioca os "sem terra", os posseiros e arrendatários chegam a 50%;
- 2 os contratos de arrendamento são escorchantes. O camponês não tem a mínima garantia de permanência na terra. O prazo é curto e o aluguel alto. Há camponeses que não têm direito de construir um casebre sequer, para morar, na terra que trabalham de sol a sol;
- 3 falta de assistência técnica e financeira;
- 4 predominância nos chamados "mercados dos produtores" dos intermediários e "donos do segredo", que monopolizam o comércio;
- 5 a carteira de feirante é documento de difícil obtenção para o verdadeiro lavrador, enquanto o intermediário, o "atravessador", a obtém com facilidade, à base de propinas e "pistolões".

Fonte: Jornal Última Hora, 06/04/1963, página 2.

<<http://memoria.bn.br/DocReader/386030/87895>> acesso em: 21/01/2022

Em Jacarepaguá as obras de saneamento foram realizadas, para trazer melhorias nas condições de salubridade para a população, com isso grileiros atraídos pela valorização dos terrenos, passaram a requerer a titularidade sobre as terras, depois de estas já estarem saneadas (SANTOS, 2013; SANTOS; DORIA, 2014). Ou seja, evidenciando o caráter oportunista por parte da grilagem de terras, uma vez que antes do saneamento, essas terras não interessavam ao capital imobiliário, e eram ocupadas pelos lavradores, muitos dos quais fizeram melhorias nas terras antes dos projetos governamentais de infraestrutura para a região.

No âmbito dos conflitos e disputas por terras em meados do século XX não se poderia deixar de mencionar aqueles relativos aos agricultores que estabeleceram suas moradias no interior do maciço da Pedra Branca. O que de fato marca os primeiros acirramentos é a coexistência de uma unidade de conservação com a população tradicional, afinal antes mesmo da criação do PEPB, já existiam moradores. Conforme supracitado, o maciço foi ocupado durante os ciclos produtivos, por quilombolas, escravos, imigrantes, que estabeleceram suas moradias e retiram da floresta a provisão para o seu sustento e de suas famílias.

O PEPB foi criado em 1974, porém já na década 1960, o Governador Carlos Lacerda estabelecia procedimentos para a desocupação e proteção da vegetação do maciço. O Jornal *Tribuna da Imprensa*, noticiou no dia 16/04/1963, um novo decreto assinado pelo Governador, o título da matéria: "*Lacerda desapropriou terras: Pedra*

Branca”. Após uma visita realizada pelo Governador ao maciço da Pedra Branca, pela vertente de Campo Grande, o mesmo criou o decreto onde ficaram definidas a desapropriação das áreas consideradas “non aedificandi”³ situadas acima da cota de 80 metros, e a instituição da Floresta Estadual da Pedra Branca. A justificativa para tal feito era a necessidade do estado proteger os bens naturais e do seu território, o que incluía as florestas e as reservas naturais, além de ter observado em sua visita que a vertente norte já estava sofrendo com os efeitos da devastação.

Grande parte da cidade possuía suas características urbanas consolidadas nas décadas de 60 e 70, todavia uma parte ainda era classificada como zona rural ou também conhecida como sertão carioca. A necessidade de expansão industrial fez com que o Estado implementasse políticas para modificar as áreas rurais e incorporá-las ao tecido urbano. Fernandez (2009) relata que a alteração da definição de zona rural para zona oeste, durante o Governo do Estado da Guanabara nos anos 60, proclamou novos usos industriais e urbanos, tornando esquecida a atividade agrícola que ainda é praticada nos dias atuais.

A criação do PEPB é que de fato trouxe algumas dificuldades para os produtores e moradores do maciço, com “ameaças” de desocupações, mas que com o tempo se revelaram menos contundentes, devido as dificuldades de fiscalização e o cumprimento do despejo desses moradores, o que Fernandez (2014) destaca muito bem: “*a política do deixa como está*”.

Pode-se, no entanto, adiantar que nos primeiros anos, a ausência de uma estrutura administrativa e a reduzida legitimidade da temática ambiental no âmbito institucional resultaram em pouquíssimas ações concretas de interferência no território do parque ou qualquer iniciativa por parte das agências ambientais de retirada das populações residentes ou de repressão constante às práticas agrícolas no maciço. Diante da impossibilidade institucional de fazer valer o modelo de parque tal qual este é definido legalmente, estabeleceu-se uma política, definida pelos próprios funcionários do órgão ambiental, *do deixa como está*. Tal política é balizada pelo não reconhecimento de qualquer direito dos produtores de ali permanecerem, mas tolhidos em suas ações repressivas, pela impossibilidade de removê-los, tem se baseado na fiscalização pontual, na negociação e na concessão de favores pessoais dos diferentes administradores do parque com seus moradores. (FERNANDEZ, 2014, p.6)

Ainda assim, com o tempo, esses agricultores e habitantes começaram a serem prejudicados, com impedimentos de estabelecerem melhorias nos caminhos de acesso aos sítios, de instalar energia elétrica em suas casas, e praticarem meios de produção

³ Latim. “Espaço onde não é permitido construir”

mais eficazes para expandir os seus cultivos. O “carro chefe” na comercialização dos produtos agrícolas são os cultivos da banana e do caqui (FERNANDEZ, 2014).

No plano de manejo do parque (INEA, 2013) constam as principais informações sobre os agricultores, e embora a categoria da unidade de conservação, não permita o desenvolvimento de atividade agrícola no interior, ela pode ser praticada sob o viés agroecológico e sustentável no entorno da unidade. O que já foi destacado no próprio plano, que a maioria dos agricultores não utilizam defensivos químicos. Assim, consta no documento a desocupação dos agricultores no interior do PEPB, a restauração das áreas que encontram-se ocupadas por cultivos de agricultores que não residem no parque, no bairro de Guaratiba. Ao mesmo tempo que menciona o apoio aos agricultores no entorno do PEPB, para implementar projetos que visem o fortalecimento de uma agricultura ecológica para a geração de renda e estimular práticas sustentáveis.

Diversos usos estabeleceram-se no maciço, do século XVI até o final do XIX, o predomínio estava relacionado com as atividades agrícolas, contudo, principalmente a partir da década de 1960, com o declínio dos ciclos produtivos, ocorreu uma ascensão das moradias e das construções urbanas na zona oeste.

Desde a instituição da unidade de conservação PEPB verificam-se vários conflitos por conta das moradias e a atividade agrícola no interior do parque, mas também o avanço da urbanização é algo que gera grandes transtornos para a gestão. A questão fundiária no maciço representa na atualidade um dos principais entraves. Vallejo et al. (2009) identificaram que das ocorrências que foram registradas pela administração entre os anos de 1993 e 2008, as construções irregulares e as queimadas fazem parte das principais. Além disso, os autores destacam que os desafios somam-se as ações de grupos milicianos e do tráfico de drogas.

Em uma zona de amortecimento, conforme define a lei 9.985/2000, as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições para poder minimizar os impactos negativos sobre a unidade. Porém, o que se observa na zona de amortecimento do PEPB é uma intensa urbanização, as Figuras 23 e 24 mostram fotografias da vertente norte no bairro de Realengo, nota-se o avanço das construções na ZA com a proximidade da cota 100 metros. Ribeiro et al. (2010) salientam que a ZA pode ser considerada um filtro às agressões de fora que podem atingir a UC, sendo assim estas só devem admitir atividades antrópicas que não prejudiquem a conservação, com usos que sejam sustentáveis.

Em uma pesquisa realizada pelos autores Iwama et al. (2014) sobre a questão fundiária na zona de amortecimento e interior do PEPB, os levantamentos obtidos a partir dos questionários aplicados aos moradores demonstram informações relevantes sobre a ocupação no maciço. Os autores verificaram que na aquisição dos imóveis 36,1% são provenientes de herança; 35,1% de compra e venda; 8,9% de posse e as outras formas representam 17,7%. Assim, percebe-se que muitos moradores não possuem qualquer tipo de documentação, a situação tem um maior destaque nos bairros de Campo Grande e Vargem Pequena. Os imóveis por herança predominam em Guaratiba, Jardim Sulacap, Campo Grande e Realengo. Os autores observaram que 45,6% das moradias não possuem documentação (Escritura, matrícula/registro ou declaração, contrato ou recibo). No tempo de ocupação foi questionado aos moradores os anos de residência no local, desse modo para fins de quantificação separaram-se os moradores residentes antes da criação do parque daqueles que adquiriram os imóveis após a instituição do parque, certificou-se que 61,7% das ocupações ocorreram após a instituição da UC e 31,3% antes. Do percentual, a maior quantidade de moradias estabelecidas antes do PEPB estão localizadas em Guaratiba, Campo Grande e Vargem Grande.

Figura 23- Fotografia aérea da zona de amortecimento do PEPB – Realengo (vertente norte)



Fonte: A Autora, 2020.

Figura 24- Fotografia aérea da zona de amortecimento do PEPB – Realengo (vertente norte)



Fonte: A Autora, 2020.

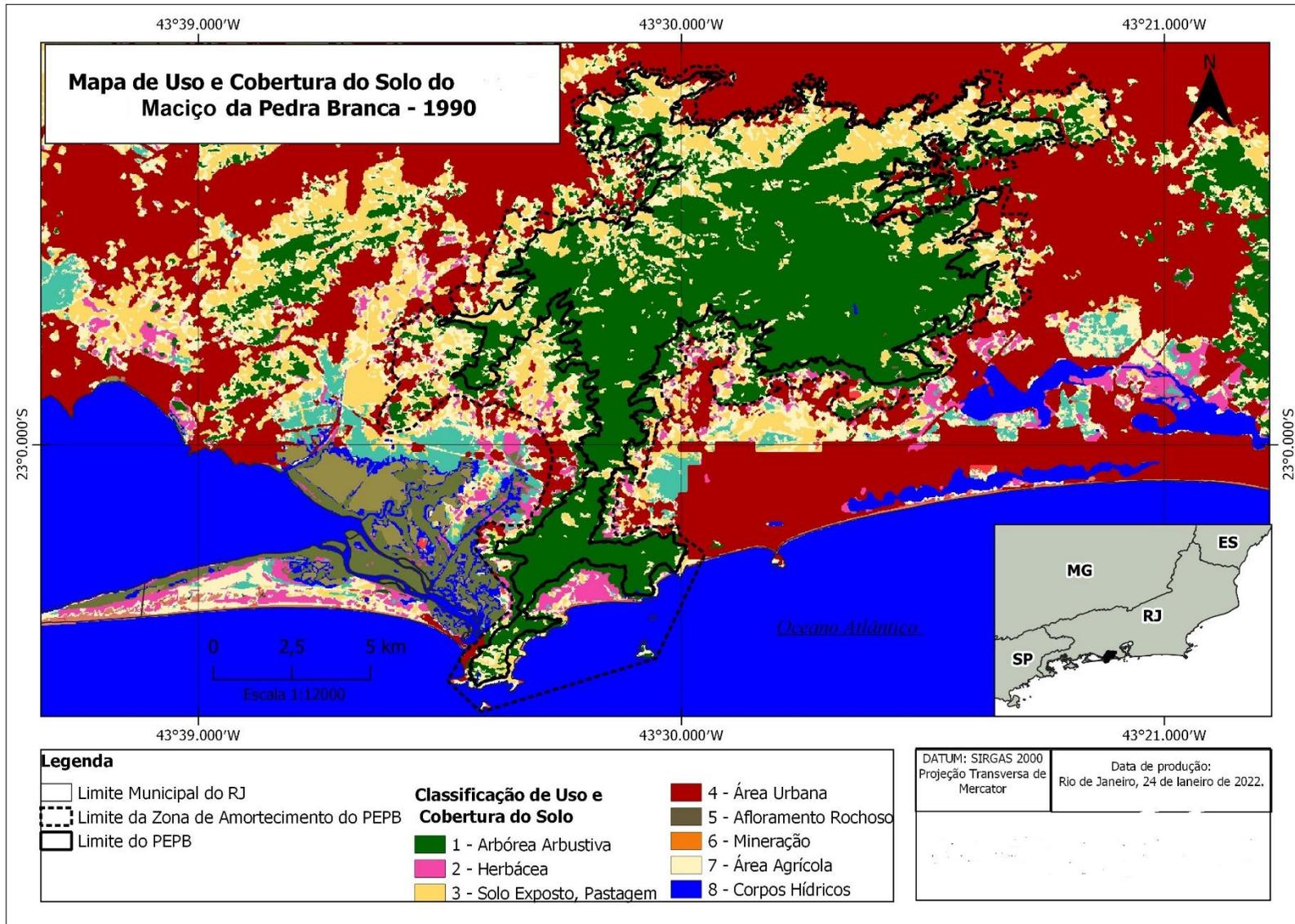
Os mapeamentos de uso e cobertura da terra de 1990, 2000, 2010 e 2020 (Mapas 09,10,11 e 12) apresentam as classes de uso mais presentes no maciço. Dessarte, as classes: área urbana, solo exposto e pastagem, e áreas agrícolas, figuram como as classes mais predominantes na zona de amortecimento e no limite do PEPB, além das coberturas arbóreas-arbustiva e herbáceas, que correspondem a vegetação.

O solo exposto e pastagem, as áreas agrícolas têm um maior predomínio nas vertentes oeste e norte, principalmente nos bairros de Campo Grande e Guaratiba (vertente oeste) e nos bairros de Bangu e Realengo (vertente norte). Em relação a esse uso, nos mapas de 1990 e 2000 (Figuras 25 e 26) identificam-se manchas dessa classe no interior do PEPB e com maior quantidade na ZA. Contudo, nos mapas dos anos de 2010 e 2020 (Figuras 41 e 42), ocorre uma redução significativa das áreas agrícolas, de solo exposto e pastagem no interior do PEPB. Esse fato, pode ser o desdobramento que se iniciou com a criação da UC, e posteriormente com o avanço da especulação imobiliária que cresce cada vez mais, a partir da compra e venda de terras por construtoras, além da própria desvalorização e poucos investimentos governamentais nos pequenos agricultores do maciço, a pouca infraestrutura para a manutenção das famílias, levam ao abandono dos sítios e das práticas agrícolas (FERNANDEZ, 2009; BAPTISTA; FORMOSO; SILVA, 2020; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2020).

No uso urbano nota-se um aumento das áreas urbanas, principalmente na ZA, possuindo um maior adensamento dessas construções, na vertente leste bairros como Jardim Sulacap, Camorim e Jacarepaguá possuem um construções que avançam cada vez mais pelo limite da ZA, o mesmo também é identificado na vertente norte, a expansão urbana na ZA e já próximo ao limite do Parque.

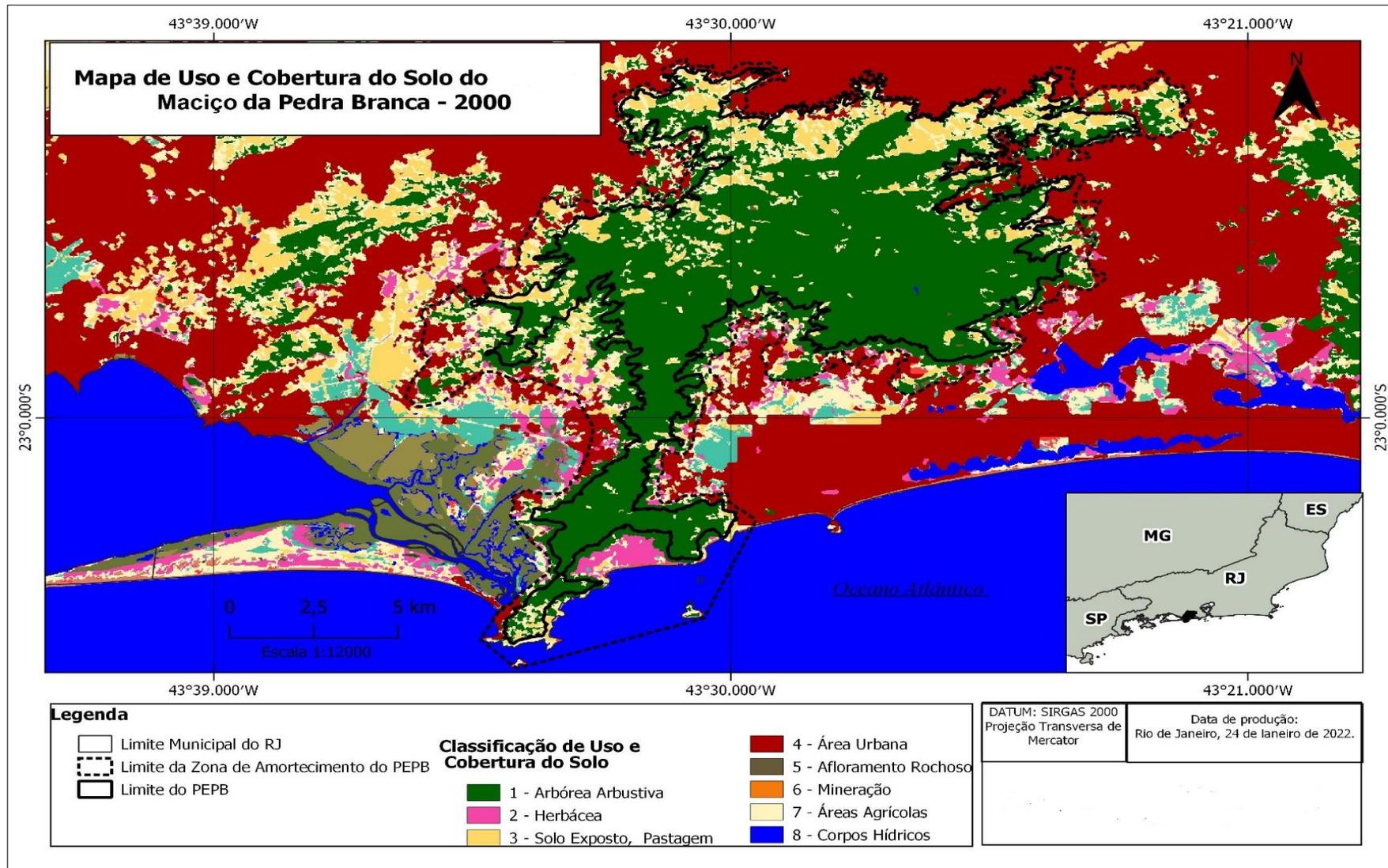
A vegetação quando comparada ao mapa de 1990 com o dos anos 2020, é possível verificar que a mesma passou por regenerações nas cotas altimétricas acima de 100 metros, sobretudo próximo ao topo. A vegetação passa por estágios sucessionais após um período em que não ocorrem perturbações, o abandono de sítios e das práticas de cultivo levam ao retorno e crescimento das espécies nativas.

Mapa 9- Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca - 1990



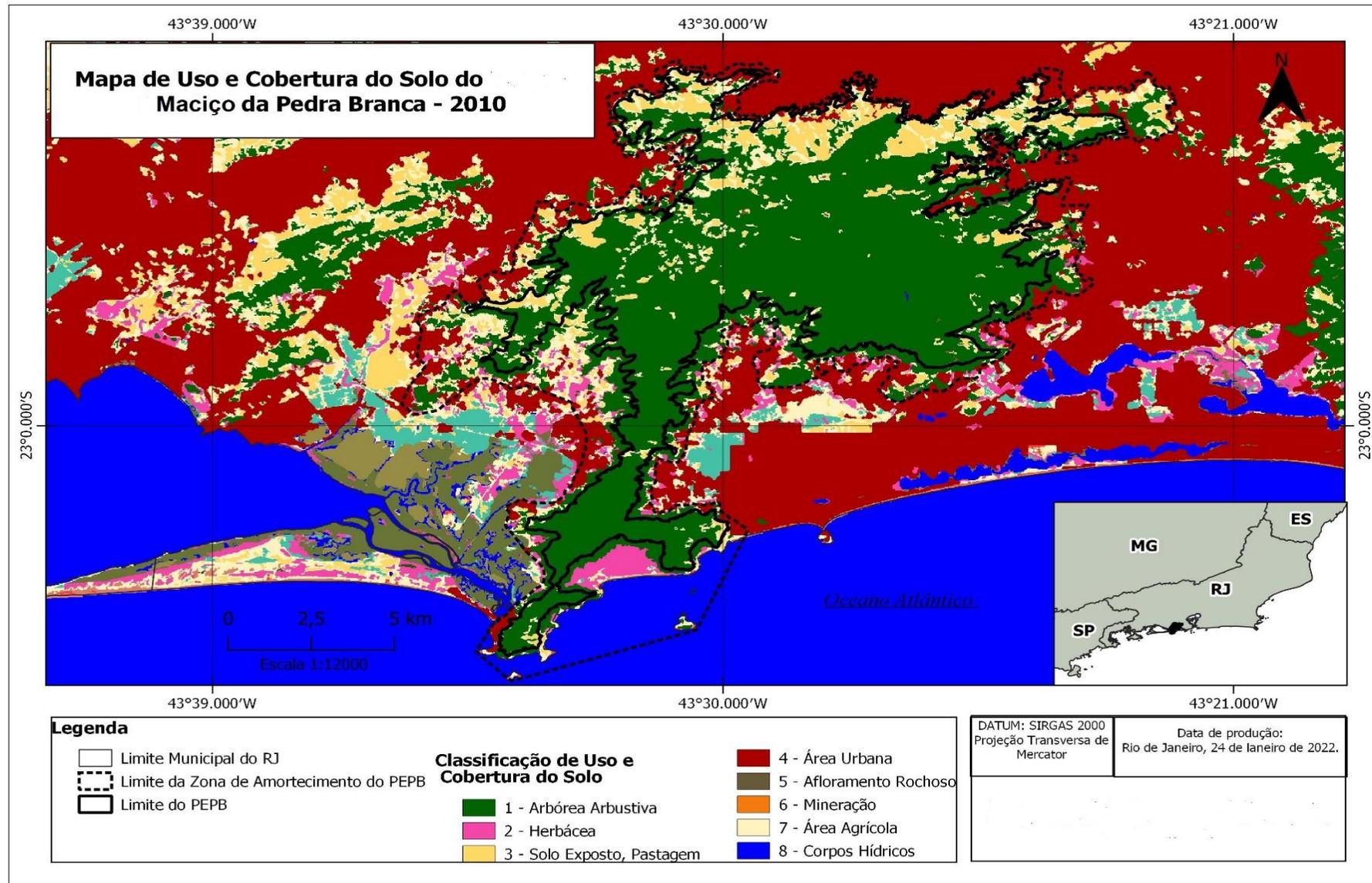
Fonte: Landsat – 5, 1990.

Mapa 10- Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca - 2000



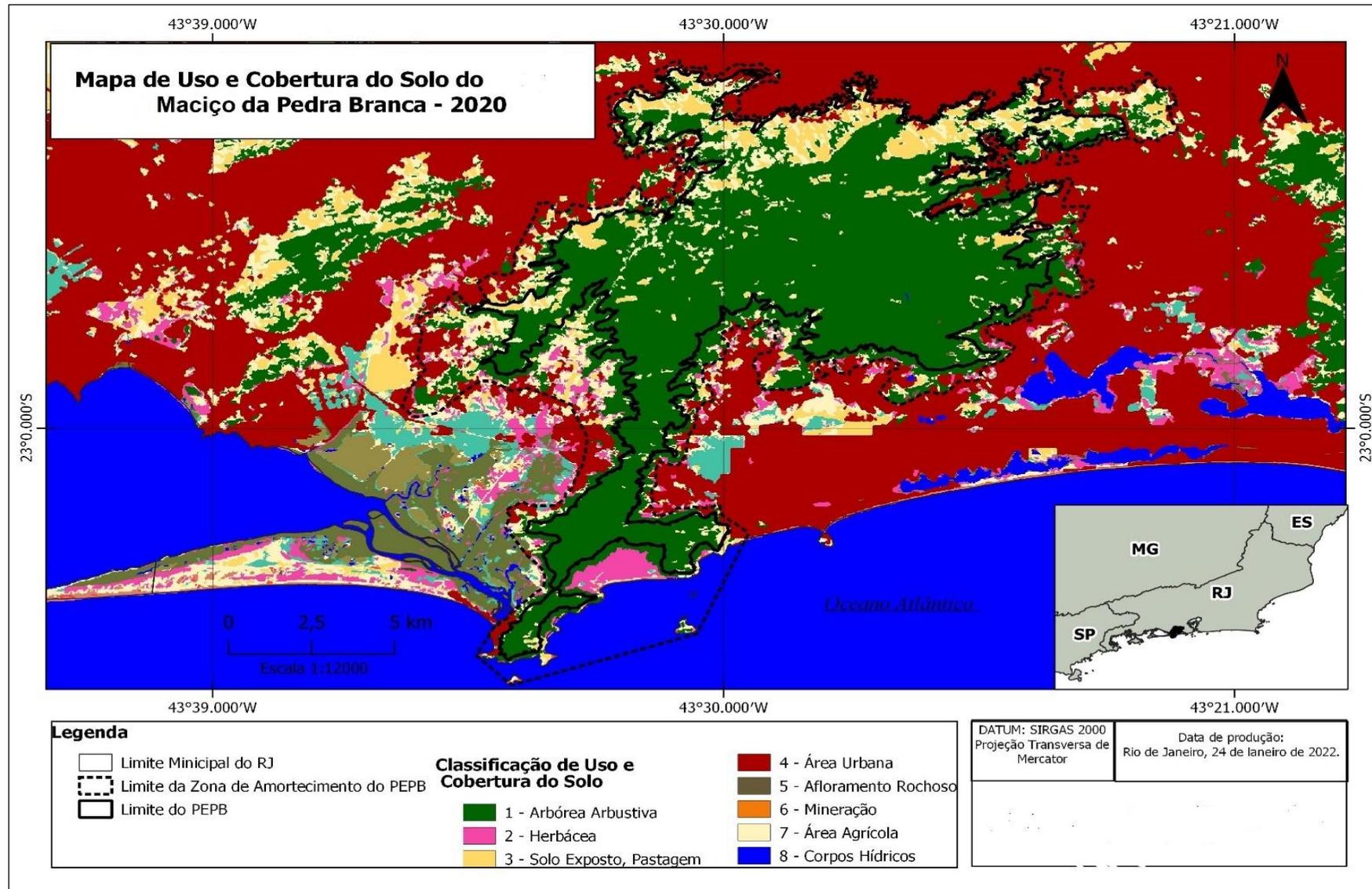
Fonte: Landsat-5, 2000.

Mapa 11- Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca - 2010



Fonte: Landsat-5, 2010.

Mapa 12. Mapa de uso e cobertura do solo do Maciço da Pedra Branca - 2020



Fonte: Landsat-8 , 2020.

Um dos grandes desafios enfrentados hoje pela unidade de conservação é a expansão urbana. As construções irregulares avançam constantemente, em sua maioria estão relacionadas com a atuação de grupos paramilitares, as milícias, que possuem uma atuação muito forte na zona oeste da cidade. Denúncias referente a esses grupos são frequentes, uma vez que eles inserem-se em vários ramos do mercado com o controle ilegal e cobrança de taxas nos serviços de internet, água, luz, TV a cabo, transporte e segurança, e no mercado imobiliário. O relatório produzido pelos Grupo de Estudo dos Novos Ilegalismos (GENI/UFF) e pelo Observatório das Metrôpoles (IPPUR/UFRJ) no ano de 2020, mostra que a redução no número de operações policiais favoreceu ao aumento do mercado imobiliário, o mesmo estudo demonstra os grandes indícios de favorecimento por parte do poder público as milícias, no que tange as operações policiais. Na legalização dos terrenos, que é de competência da administração municipal, ocorre uma coerção durante as fiscalizações, assim viabiliza o parcelamento e as construções com a finalidade de serem legalizadas posteriormente com a lei de Mais Valia⁴.

Muitas construções irregulares que avançam pelo PEPB são oriundas das atividades de milicianos. Algumas delas foram coibidas e embargadas pelo poder público, após denúncias. No site⁵ do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro (MP/RJ) destaca a participação do órgão na operação integrada da Força-Tarefa do Grupo de Atuação Especial no Combate ao Crime Organizado, no dia 05 de novembro de 2021 que levou a demolição de uma construção irregular, localizada no Rio da Prata, sub-bairro de Campo Grande, dentro dos limites do PEPB. A mesma Força-Tarefa também atuou no dia 22 de outubro de 2021, conforme noticiado pelo Jornal O Dia⁶, o desmanche de um condomínio construído parque embaixo de uma torre de transmissão no bairro de Senador Camará.

As construções irregulares trazem inúmeros prejuízos para biota da UC, como também para os moradores, pois em sua grande maioria os imóveis localizam-se em

⁴ Lei da Mais Valia no Rio de Janeiro, com base na Lei Complementar 219/2020, dá o direito excepcional das pessoas que executaram obras em desacordo com a legislação urbanística vigente possam fazer a regularização dos seus imóveis posteriormente, evitando assim as multas, embargos e demolições das construções.

⁵ <<https://www.mprj.mp.br/home/-/detalhe-noticia/visualizar/109001>> acesso em 05 de fevereiro de 2022.

⁶ <<https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2021/10/6260369-condominios-erguidos-pela-milicia-sao-demolidos-no-parque-estadual-da-pedra-branca.html>> acesso em 05 de fevereiro de 2022.

áreas de risco, o que pode gerar problemas futuros com a destruição dessas moradias durante os eventos extremos, conforme já mencionado neste capítulo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OBTENÇÃO DOS DADOS

Na pesquisa para definição ou delimitação climática Sorre (2006) tece as seguintes etapas que devem ser consideradas: Os valores numéricos que devem ser guardados para as escalas são os valores críticos para as principais funções orgânicas; uma definição climatológica deve abranger a totalidade dos elementos do clima susceptíveis de agir sobre o organismo; os elementos climáticos devem ser considerados em suas interações; qualquer classificação climática deve acompanhar de perto a realidade viva; o fator tempo (duração) é essencial na definição dos climas (SORRE, 2006, p.92-93).

Os estudos climatológicos partem da compreensão do ambiente atmosférico, consideram os fatores controladores e a gênese, a partir do entendimento da atuação dos sistemas atmosféricos e correntes perturbadas aliados aos fatores geográficos (BRINO, 1977).

Assim, os pressupostos teóricos dessa pesquisa partem da compreensão da análise climática do Maciço da Pedra Branca, com uma floresta inserida no contexto urbano, portanto apoia-se na dinamicidade do clima, considerando as particularidades das condições atmosféricas dos lugares ressaltas por Monteiro (1968, 1971) e utiliza as bases teóricas com S.C.U (sistema clima urbano) para as análises e as aplicações de Brandão (1996) para o Rio de Janeiro. Compreendendo a relevância e os serviços ambientais que são prestados ao clima, conforme mencionado por diversos autores, entre eles os estudos de Dacanal (2011) sobre os fragmentos florestais no ambiente urbano que exercem a função de atenuantes das temperaturas e na ampliação da umidade do ar, favorecendo também na qualidade do ar.

Como principal método de associação entre temperatura e cobertura vegetal, as investigações possuem como base a elaboração de temperatura superficial e os índices de vegetação, como forma de identificar os pontos mais quentes e mais frios, e as implicações da vegetação no campo térmico da superfície, conforme análises realizadas no Rio de Janeiro como as Lucena (2012;2019).

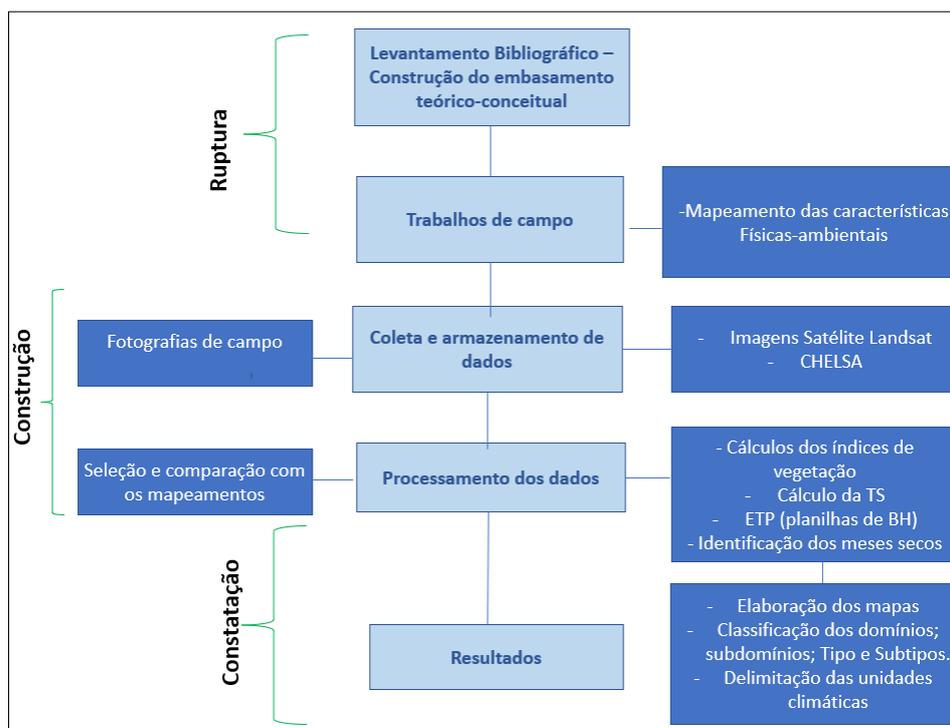
Além das investigações supracitadas, a proposta de uma classificação climática e individualizada para o maciço completam as análises dessa pesquisa, a partir das delimitações das unidades climáticas elaboradas por Novais (2019) que considera as

temperaturas, a pluviosidade e a ETP, como elementos cruciais para a definição dos climas.

Os mapas foram elaborados a partir do recorte do shapefile disponibilizado pelo INEA (2019), na base GeoInea⁷, das UCs Estaduais e Zonas de Amortecimento, na escala de 1:50.000, conferindo assim, uma escala de análise de semidetalhe.

Doravante ao objetivo geral e aos objetivos específicos elencados nessa pesquisa, as etapas metodológicas podem ser observadas no fluxograma Figura 25:

Figura 25- Fluxograma com as etapas da pesquisa



Fonte: A Autora, 2022.

Os procedimentos metodológicos sistematizados encontram-se descritos a seguir:

3.1 Atividade de trabalhos de campo

O trabalho de campo é uma etapa mais do que fundamental, é o momento que o pesquisador se aproxima do seu objeto de pesquisa. Pires do Rio (2012) problematiza

⁷ <<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3>>

que muito se destaca sobre a importância do trabalho de campo, no entanto o fazemos com pouca reflexão sobre a sua relevância na pesquisa. Muitas vezes, de acordo com a autora, o trabalho de campo é ignorado nas teses e dissertações, quando este constitui uma técnica de investigação na construção do objeto e do conhecimento. Pode-se dizer que o trabalho de campo preexiste à própria construção do objeto.

Assim, os propósitos estabelecidos nas atividades de campo, concentraram-se em:

- a) Comprovar *in loco* as observações dos mapeamentos de uso e cobertura da terra e cobertura vegetal;
- b) Identificar as diferenciações nos aspectos fisionômicos da vegetação em relação as três vertentes;
- c) Entender as principais problemáticas socioambientais a partir dos depoimentos dos funcionários do PEPB e das observações em campo;
- d) Detectar as áreas mais degradadas nas vertentes.

As atividades de campo foram realizadas no mês de janeiro de 2019, na vertente Oeste pela entrada no Rio da Prata de Campo Grande, e no mês de março de 2019, na vertente norte no núcleo Piraquara, bairro de Realengo. Nos anos de 2020 e 2021, alguns fatores foram impeditivos para a continuidade das atividades de campo, o primeiro fator refere-se a Pandemia por Coronavírus (COVID-19) que ocasionou um isolamento mundial, portanto as entradas do parque estiveram fechadas para visitação e a maioria dos trabalhos tornaram-se remotos. O segundo refere-se à ocorrência de chuvas fortes que atingiram o núcleo Piraquara em Realengo, no mês de março de 2020, 187 mm foram registrados na estação pluviométrica de Bangu entre os dias 01 e 02 de março, ou seja um volume acima do normal para um período de 24 horas, os danos ao parque foram muito extensos, impedindo a sua reabertura por quase 1 ano.

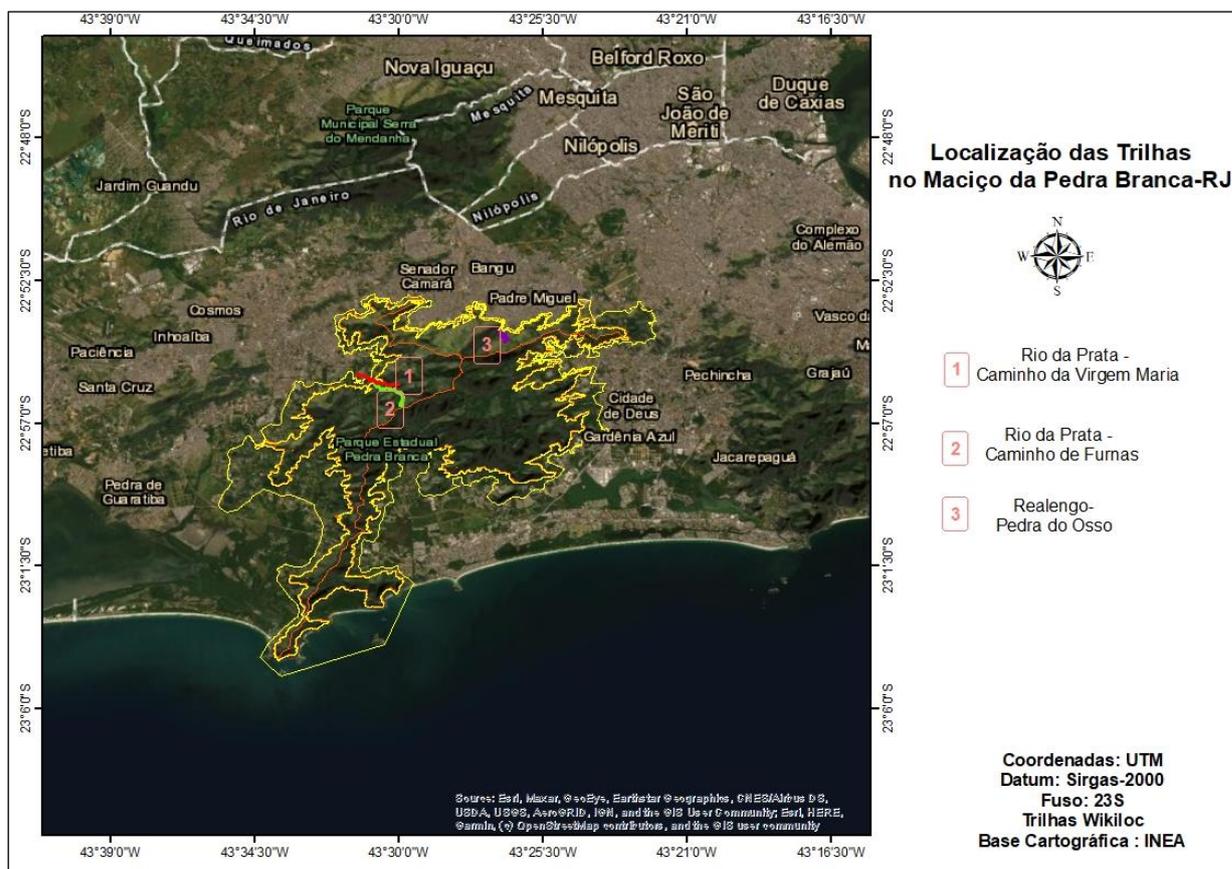
Os trabalhos de campo foram retomados no mês de janeiro de 2022, sendo realizado nas três vertentes do PEPB. O Quadro 6 presta as principais informações referentes as datas dos trabalhos de campo e na Figura 26 encontram-se as localizações das trilhas visitadas.

Quadro 6- Informações sobre os trabalhos de campo

Data do campo	Local	Cota altimétrica máxima
20/01/2019	Rio da Prata – Campo Grande (Caminho da Virgem Maria)	308 metros
15/03/2019	Núcleo Piraquara – Realengo. (Trilha Pedra do Osso)	320 metros
28/02/2022	Núcleo Piraquara (Trilha Pedra do Osso)	362 metros
20/03/2022	Rio da Prata – Campo Grande (Caminho de Furnas)	468 metros

Fonte: A Autora, 2022.

Figura 26 - Localização das trilhas no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: Wikiloc e INEA, 2011.

Para fazer as marcações dos pontos importantes e traçar o perfil topográfico das trilhas foi utilizado o App Wikiloc®, que é um aplicativo utilizado compatível com os sistemas android e IOS dos smartphones, tem como finalidade compartilhar trilhas para os praticantes, e conta com uma interface de ferramentas que funcionam como: GPS, traça o caminho da trilha que pode posteriormente ser transformado em arquivo no formato KML e Shapefile, registra os pontos de interesse a partir das fotografias e permite fazer a descrição de cada um desses pontos. Além disso, ao final é disponibilizado o perfil topográfico da trilha. Pelos recursos que aplicativo oferece, facilidade de uso, ele foi priorizado para estabelecer tais registros nas atividades de campo.

Além das atividades de campo, no dia 03/03/2020, em uma entrevista concedida ao vivo a TV Globo, a pesquisadora realizou o sobrevoo de helicóptero na área, no dia posterior à enxurrada que atingiu o bairro de Realengo, na comunidade do Barata, que fica próximo à entrada principal no núcleo Piraquara do PEPB. O que possibilitou uma análise sobre o avanço das ocupações para o interior do parque e o aumento de várias construções irregulares, a partir das observações e das fotografias aéreas.

3.2 Mapeamento das características geoambientais

No mapeamento da hipsometria, declividade e orientação de vertentes, foi realizado o download das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do projeto TOPODATA disponibilizadas no site do INPE, iniciando pela elaboração do MDE (Modelo Digital de Elevação). As imagens foram reprojatadas para o hemisfério sul, no Datum Sirgas 2000, fuso 23S.

A partir das ferramentas disponíveis na ArcToolbox do ArcGis10.3, inseridas em Spatial analyst tools, foram utilizadas a ferramenta Slope para a elaboração da declividade, na qual as classes foram divididas de acordo com a classificação da EMBRAPA, e a ferramenta Aspect para a elaboração do mapa de orientação das vertentes

As unidades de relevo tiveram a sua elaboração a partir do arquivo Shapefile disponibilizado pelo GeoINEA, na escala de 1:50.000. A hidrografia e a vegetação contaram com os mapeamentos realizados pelo IPP, através da plataforma DATA RIO.

3.3 Aquisição e processamento das imagens de satélite

As imagens de sensores remotos utilizadas são as fornecidas pelos satélites Landsat, a opção por este satélite deve-se pela maior disponibilidade de imagens (alta resolução temporal). O Landsat-5 (TM), possui imagens de 1982 a 2013, e o Landsat-8 (OLI/TIRS) a partir de 2013. A aquisição foi realizada através da plataforma da USGS (*United States Geological Survey*)⁸

Para estabelecer uma análise temporal dos índices de vegetação, temperatura de superfície (TS) e para a Classificação Supervisionada para o mapeamento do uso e cobertura do solo. O intervalo considerado foi de 10 anos entre uma imagem e outra. A seleção também considerou os meses secos e chuvosos, apenas para a análise da vegetação e da TS, uma vez que a pluviosidade interfere na reflectância espectral da vegetação, assim como influenciará na TS. No Quadro 7 encontram-se as datas das imagens utilizadas.

Quadro 7-. Data das imagens adquiridas (continua)

Datas das imagens meses secos	Datas das imagens meses úmidos	Satélite	Bandas utilizadas
07/11/1990*	12/03/1990	Landsat-5	3 (Red) 4 (Infrared) 6 (Termal)
14/08/2000	28/02/2000	Landsat-5	3 (Red) 4 (Infrared) 6 (Termal)

⁸ Não foram utilizados os produtos do MapBiomass, pois considerando os objetivos da tese, as imagens não foram apenas adquiridas para os mapeamentos de uso e cobertura vegetal, mas também para a elaboração dos índices de Vegetação, e da Temperatura Superficial (TS) para serem associados com as delimitações das unidades climáticas.

Quadro 7-. Data das imagens adquiridas (conclusão)

26/08/2010	20/04/2010	Landsat-5	3 (Red) 4 (Infrared) 6 (Termal)
05/08/2020	15/04/2020	Landsat-8	4 (Red) 5 (Infrared) 10 (Termal)

*Por conta da indisponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, optou-se por uma mais próxima do período seco.’

Fonte: USGS.

As imagens digitais apresentam erros que necessitam ser corrigidos, erros radiométricos, geométricos e os efeitos atmosféricos sobre as imagens. Novo (2010) salienta que os erros radiométricos podem ser decorrentes de falhas instrumentais e as limitações do próprio processo de imageamento. Os erros geométricos podem ser ocasionados por posicionamento do satélite, movimentos da terra, curvatura da terra, largura da faixa imageada, entre outros.

No site da USGS⁹ existem as informações sobre as melhorias que foram realizadas nas coleções Landsat nível 2, que incluem a precisão absoluta da geolocalização e nas calibrações. Foram aprimoradas as correções radiométricas nas imagens Landsat-5 e Landsat-8. O sensor TIRS do Landsat-8 passou por correções para o efeito de *striping TIRS*, que apresentou erros na calibração radiométrica por conta da luz difusa, a partir de 2017 foram realizados os ajustes das imagens, com a correção abrangente da luz difusa (BARSÍ, 2014).

As correções atmosféricas devem ser aplicadas em três casos: quando se quer recuperar o valor da grandeza radiométrica, para conhecer a reflectância, emitância e retroespalhamento do objeto de estudo; na operação aritmética entre bandas; e quando se se deseja comparar imagens de diferentes datas em termos das propriedades dos objetos das cenas (NOVO, 2010). Assim, as correções atmosféricas das imagens Landsat foram realizadas através do plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), disponível no QGIS, desenvolvido por Luca Congedo em 2012, a ferramenta conta com vários recursos de pré-processamento, entre eles DOS1 Correction que subtrai os objetos escuros. Cabe destacar que plugin passa por constantes atualizações (CONGEDO, 2021).

⁹ <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2>> acesso em 20 de outubro de 2021

Devido as imagens apresentarem a projeção WSG84, fuso 23N, devem ser realizadas as reprojeções das imagens, através da ferramenta *Project do ArcGis10.4*, para fuso 23S, no Datum Sirgas 2000.

3.4 Classificação supervisionada para uso e cobertura do solo

Os mapeamentos de uso e cobertura do solo foi realizado no software QGIS, através do plug-in SCP (Semi-Automatic Classification Plugin). As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 foram utilizadas para as décadas de 1990 a 2010 do satélite Landsat-5. Para o ano de 2020, com o satélite Landsat-8, foram utilizadas as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Com a fusão das bandas, e o estabelecimento da composição colorida, foram selecionadas amostras para as seguintes classes: arbórea-arbustiva; herbácea; solo exposto e pastagem; afloramento rochoso; mineração; área agrícola e corpos hídricos.

A partir da seleção das amostras para cada classe dos pixels das imagens, conhecidas como áreas de treinamento, o software QGIS analisa essas amostras e realiza uma varredura nas imagens, atribuindo cada pixel as classes temáticas selecionadas. Configurando-se como um método de classificação semiautomático.

A última etapa constituiu na opção do algoritmo de classificação, que foi a *Distância Mínima* que por sua vez combina a radiação espectral de cada pixel da imagem com a radiação espectral dos pixels coletados na etapa de treinamento. Dessa forma, ocorre uma combinação resultante do que foi treinado como espectro de uma classe específica com a emissão espectral real de cada pixel, formando assim os mapeamentos com classes temáticas que foram sugeridas.

3.5 Estimativa dos índices de vegetação (NDVI; SAVI e EVI)

Os índices de vegetação são importantes na avaliação do comportamento e densidade dos estratos vegetais. Assim, consideramos dois índices a serem utilizados o NDVI e o SAVI, estabelecidos a partir da álgebra de bandas (vermelho e

infravermelho), mostrando valores com variação de -1 a 1, os resultados mais próximos de -1 demonstram quantidade de vegetação, os mais próximos de 1 maior presença de vegetação. No Quadro 8, são detalhadas as características e aplicações das bandas utilizadas.

Quadro 8- Caracterização das bandas

Bandas espectrais	Características	Aplicações
3 (Landsat-5) e 4 (Landsat-8)	Canal vermelho (R)	Demonstra a vegetação a partir da presença de clorofila.
4 (Landsat-5) e 5 (Landsat-8)	Canal infravermelho (NIR)	Mostra o teor de biomassa

Fonte: Ponzoni et al., 2012 e Jensen, 2009.

O NDVI é a razão normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e a do vermelho. Estabelecendo a diferença entre a máxima absorção de radiação da região do vermelho e a máxima reflexão da radiação na região do infravermelho próximo. Ponzoni et. al. (2012, p.91) destaca que “o NDVI é utilizado para construir perfis sazonais e temporais das atividades da vegetação, permitindo comparações interanuais desses perfis”. Estabelecido pela equação:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

onde:

NIR = valor de reflectância da banda infravermelho próximo;

R = valor de reflectância da banda vermelho.

O SAVI possui sua melhor aplicabilidade em dosséis vegetais esparsos, pois o brilho do solo pode resultar em um aumento nos valores dos índices de vegetação como o NDVI. A equação desenvolvida por Huete (1988), que inclui nos mesmos parâmetros utilizados para o NDVI a constante L, que visa minimizar os efeitos do solo:

$$SAVI = [(NIR - R)/(NIR+R+L)] * (1+L) \quad (2)$$

Assim, os valores de L devem ser estabelecidos considerando:

L = 1 (densidades baixas de vegetação);

L = 0,5 (densidades médias de vegetação);

L = 0,25 (densidades altas de vegetação).

Considerando as características de vegetação em estágio secundário no PEPB e a sua densidade, será considerado o valor de 0,5.

O EVI que é o Índice de Vegetação Melhorado tem sua aplicação para avaliar o vigor da vegetação e para identificar as variações ocorridas na cobertura vegetal (JUSTICE et al., 1998). Assim, o seu cálculo é estabelecido pela equação:

$$EVI = G*((NIR-R) / (NIR+C1*R-C2*B+L)) \quad (3)$$

Onde:

G = 2,5 (Fator de Ganho);

C1 = 6 (Coeficiente de Correção para os efeitos atmosféricos para o canal vermelho)

C2 = 7,5 (Coeficiente de Correção para os efeitos atmosféricos para o canal azul)

B = Banda Azul (B1 – Landsat-5 e B2 – Landsat-8)

L = 1 (Fator de Correção para Interferência do solo)

Para elaboração dos índices, será utilizado o software *ArcGIS 10.4*, com a utilização da ferramenta, *ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>MapAlgebra>Raster Calculator*.

Cabe ressaltar, a relevância de analisar os índices de vegetação de acordo com o regime pluviométrico, pois estes podem apresentar valores mais altos no período chuvoso e mais baixo no período seco (SILVA e GALVÍNCIO, 2012), devido a mudança químico-física na composição das folhas. O que permite acompanhar e avaliar as mudanças na cobertura vegetal de acordo com a sazonalidade da pluviosidade.

Após os cálculos dos índices de vegetação, organizou-se em 5 classes, pelo método natural break (Jenks), fazendo a opção por cores que possam representar melhor a visualização das classes.

3.6 Elaboração das porcentagens para as vertentes do maciço dos índices de vegetação

A partir das ferramentas disponibilizadas no ArcGis 10.4 foram elaboradas as porcentagens em relação aos índices de vegetação (NDVI, SAVI e EVI).

Para tanto foi necessário, inicialmente, transformar o arquivo em *raster* (rst*) para o formato *vetorial* (shp*), através das etapas: *ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>Reclassfy*. E, posteriormente, em: *Conversion Tools>Raster to Polygon>Geoprocessing>dissolve*.

Após, na tabela de atributos foram inseridos os campos de área e porcentagem. Inicialmente foram calculadas a área total de cada classe, e a porcentagem através da ferramenta calculadora de campo. Os dados gerados foram organizados em tabelas.

3.7 Radiação Solar Global

A radiação solar global corresponde a soma da radiação direta e difusa que resulta na irradiância global que pode ser definida como o total de energia emitida pelo sol que incide na superfície terrestre (ROSENBERG, 1974; SLATER, 1980).

Para a elaboração da Radiação solar global (RSG) foi necessário fazer a aquisição de uma imagem SRTM com o Modelo Digital de Elevação (MDE) no site da EMBRAPA. Para o mapeamento da RSG utilizou-se ferramenta que consta no software ArcGIS 10.4, *ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>Solar Radiation>Area Solar Radiation*, gerando assim o cálculo da RSG e a sua espacialização no maciço.

Durante a etapa de construção dos mapas de RSG considerou-se os meses em que ocorrem os solstícios de inverno e verão, quando a variação da inclinação da terra influenciará no ângulo de incidência da radiação solar nos hemisférios. Assim, foram selecionados os meses de junho e dezembro, resultando em dois mapeamentos, com valores expressos na unidade Kwh/m².

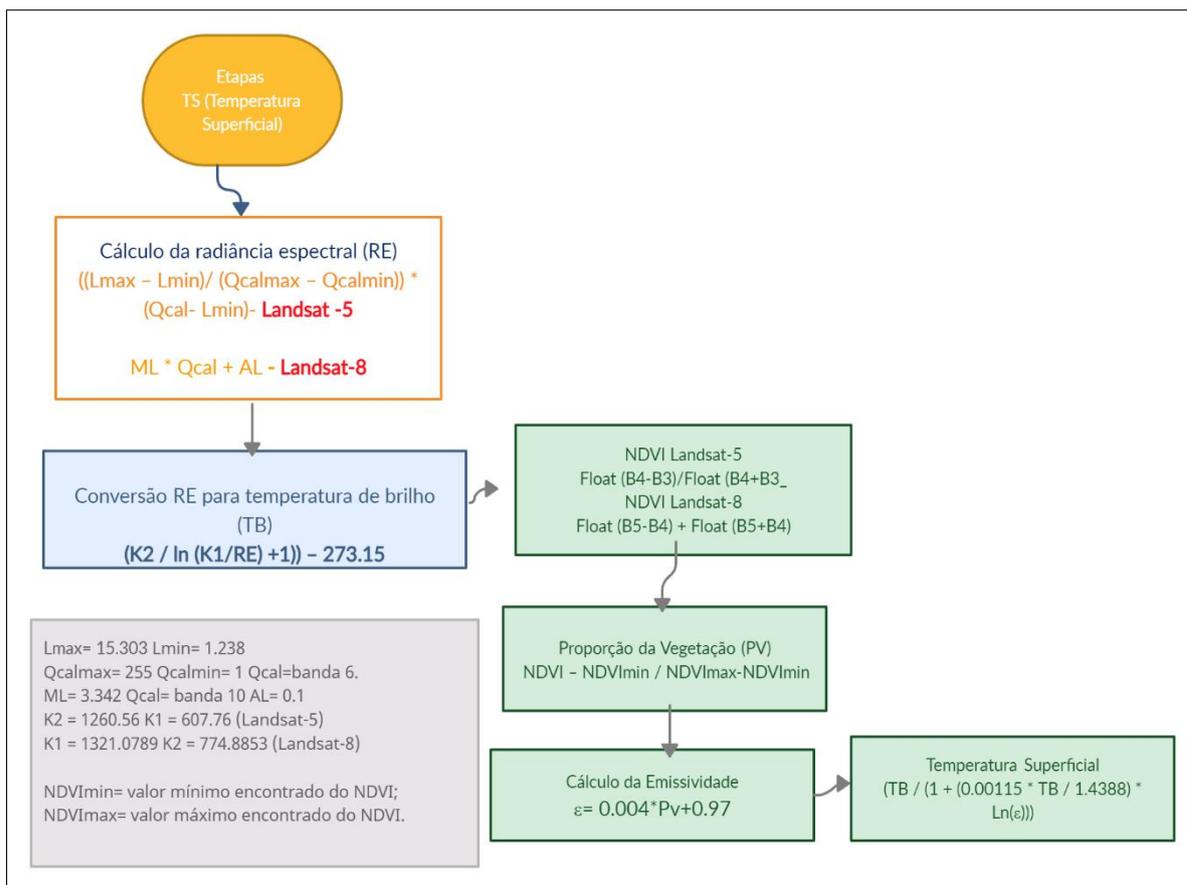
3.8 Estimativa da temperatura de superfície

A temperatura de superfície (TS) pode ser obtida a partir da banda do sensor termal, dos satélites Landsat.

Os sensores termais recebem a radiação eletromagnética que pode ser quantificada a partir das medições do topo da atmosfera (TOA), o que inclui o brilho emitido pelo solo, o brilho irradiado da atmosfera. As radiações de TOA são então convertidas para TS, sendo necessárias estabelecer as correções da atenuação atmosférica (absorção, reflexão ou refração e espalhamento), efeitos angulares e valores de emissividade espectral na superfície (TOMLINSON et.al., 2011).

O método, a partir das equações abaixo, aplicadas no *ArcGIS 10.4*, *ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>MapAlgebra>Raster Calculator*. para estimar a TS vem sendo aplicado em várias pesquisas, destacando aqui a de Anadababu et.al. (2018) de classificação da temperatura em Hosur, na Índia. Constituindo nas seguintes etapas, conforme observadas na Figura 27:

Figura 27- Fluxograma etapas na elaboração da TS



Organização: A Autora, 2022.

Após o resultado final com a estimativa da superfície, este pode ser organizado em 5 classes, pelo método natural break (Jenks), fazendo a opção por cores que possam representar melhor a visualização dessas classes.

3.9 Elaboração das unidades climáticas

Para a delimitação das unidades climáticas foi considerada a mesma metodologia aplicada por Novais (2019) no bioma Cerrado, que abrange: a temperatura média do mês mais frio (TMMMMF), a quantidade de meses secos, a influência dos sistemas atmosféricos e os efeitos que causam na precipitação e as passagens de frentes frias que podem ocasionar as geadas.

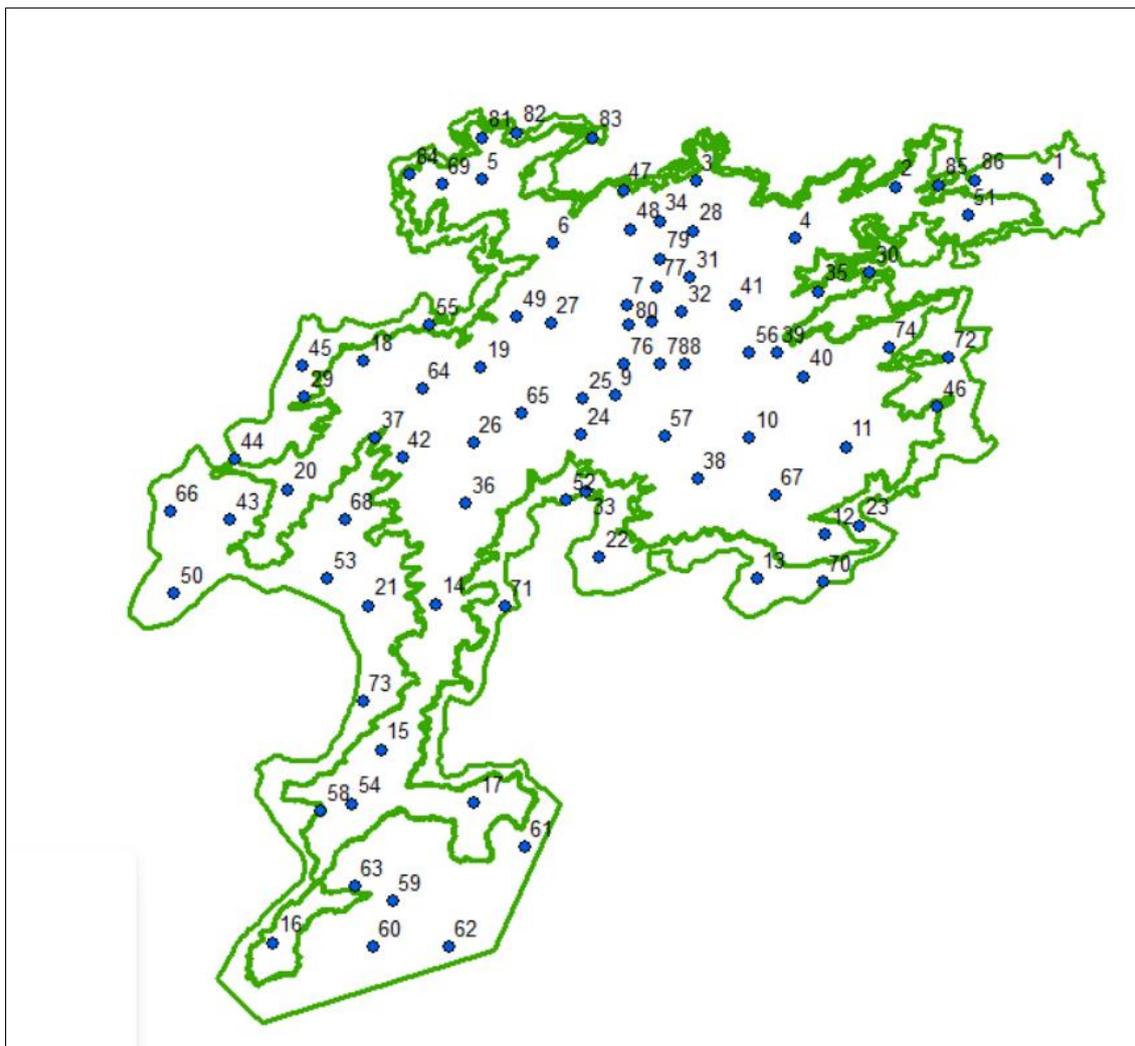
Previamente é preciso construir uma base para análise do clima a partir dos mapeamentos de temperatura do ar e precipitação, tais elaborações são importantes para o cálculo de balanço hídrico. Contudo, o maciço carece de uma extensa rede meteorológica, desse modo optou-se pela utilização do CHELSA, que contém dados meteorológicos a partir de arquivos no formato *raster para todo o mundo, cada píxel fornece as informações referentes a médias de temperatura em graus celsius e de precipitação em milímetros, em um período que compreende de 1979 a 2013.

O CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas), ou seja, climatologia de alta resolução para as áreas da superfície terrestre) apresenta um conjunto de dados climáticos globais e encontra-se hospedado Instituto Federal Suíço para Pesquisa de Florestas, Neve e Paisagens. As informações podem ser baixadas e acessadas gratuitamente.

O algoritmo CHELSA aplica ajustes topográficos com base na altitude da superfície e não atribui valores para o oceano (KARGER et al., 2022). Todos os arquivos são fornecidos no formato TIFF georreferenciados (GEOTIFF), a série temporal CHELSA de 1979 a 2013 é considerada a melhor, que é o CHELSA V1.2, pois essa possui uma precisão mais elevada devido ao seu algoritmo *downscaling* (KARGER et al., 2017).

Inicialmente, estabeleceu-se a marcação dos pontos dentro do maciço, de modo que se pudesse cobrir toda a sua área, portanto foram selecionados 86 pontos, que abrangeram a delimitação do parque e da zona de amortecimento (Figura 28).

Figura 28- Distribuição dos pontos no maciço da Pedra Branca



Organização: A Autora, 2022.

3.9.1 Espacialização dos dados da temperatura do ar e precipitação

Na elaboração dos mapas de temperatura do ar e precipitação foram considerados os meses referentes as quatro estações do ano:

- a) Verão: dezembro, janeiro e fevereiro;
- b) Outono: março, abril e maio;
- c) Inverno: junho, julho e agosto;
- d) Primavera: setembro, outubro e novembro.

As médias para cada mês foram interpoladas no ArcGis 10.4, com os interpoladores disponíveis em *ArcToolbox > interpolation*. A escolha do interpolador não é tão simples, torna-se necessário considerar as variáveis, a disponibilidade de dados e a sua densidade, para que a espacialização das informações esteja mais próxima da realidade.

Dentre as várias metodologias de interpolação, Perin et al. (2015) realizaram um levantamento de artigos no Brasil e de vários países do mundo que fizeram o uso de interpoladores para temperatura e precipitação, dentre os diversos existentes, o *Kriging*, o *IDW (Inverse Distance Weighted)* e o *Spline*, são os que mais aparecem nos trabalhos, na ordem de (57,5%); (45,4%) e (36,3%), respectivamente. O interpolador *IDW* é o mais empregado para as médias de temperatura anual e precipitação. Para a temperatura média mensal e anual, aparece em segunda posição o *Spline*. Contudo, os autores comprovaram que o *IDW* é o melhor interpolador para representar as precipitações, mas também apresenta bons resultados quando usados para temperaturas médias mensais e anual.

Na elaboração dos mapas de temperaturas médias mensais, precipitações médias mensais e anual, e na TMMMF, foram realizadas várias testagens com os três interpoladores: *Kriging*, *IDW* e *Spline*.

Nos dados da média de temperaturas e precipitações, o método o *IDW* foi o que melhor representou a espacialização, as informações foram dadas em 7 classes, com a classificação Natural Breaks (Jenks).

Para a TMMMF com a separação em 4 classes, de acordo com as definições de temperaturas para os Domínios: 16,5°C a 18°C; 18°C a 19,5°C; 19,5°C a 21°C e >21°C. O melhor resultado na espacialização foi com o interpolador *Spline*, que fez uma delimitação muito próxima das principais classificações estabelecidas por Novais (2019), o autor também obteve um bom resultado utilizando o *Spline* na TMMMF para o Bioma Cerrado. A classificação das classes foi manual.

Em seguida os mapas de temperaturas médias mensais; precipitações mensais e anual; e da TMMMF passaram pelo método de suavização das curvas, *Bilinear Interpolation*, e finalizados com o layout, e constituíram importantes bases para delimitação das unidades climáticas.

3.9.2 Balanço Hídrico – Evapotranspiração

Os dados de precipitação e temperatura obtidos no CHELSA foram inseridos na planilha de Balanço Hídrico (Figura 29) elaborada por Rolim et al. (1998) que foi formulada com base no método proposto por Thornthwaite e Mather (1955). A planilha calcula a ETP (Evapotranspiração Potencial), indicando os valores negativos que são considerados os meses secos.

As planilhas foram elaboradas para cada ponto e posteriormente foram elaboradas, uma planilha no Excel®, para a interpolação dos meses secos no interpolador *IDW*.

Figura 29- Planilha excel Balanço Hídrico

Tempo	Num de Dias	NDA	T °C	P mm	N horas	I	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Jan	31	1	25.1	134	13.38	5.82	140.45	-6.5	-311.0	4.5	-0.3	134.3	6.2	0.0
Fev	28	32	25.6	125	13.02	6.57	128.31	-3.3	-314.3	4.3	-0.1	125.1	3.2	0.0
Mar	31	60	25	141	12.47	6.56	129.88	11.1	-186.9	15.4	11.1	129.9	0.0	0.0
Abr	30	91	24.7	112	11.77	7.85	115.89	-3.9	-190.8	14.8	-0.6	112.6	3.3	0.0
Mai	31	121	21.8	76	11.14	8.24	88.81	-12.8	-203.6	13.1	-1.8	77.8	11.0	0.0
Jun	30	152	20.5	64	10.68	8.29	73.13	-9.1	-212.7	11.9	-1.1	65.1	8.0	0.0
Jul	31	182	20	44	10.61	8.67	71.53	-27.5	-240.2	9.1	-2.9	46.9	24.7	0.0
Ago	31	213	20.6	36	10.95	8.83	78.20	-42.2	-282.4	5.9	-3.1	39.1	39.1	0.0
Set	30	244	21	79	11.56	7.63	82.95	-3.9	-286.4	5.7	-0.2	79.2	3.7	0.0
Out	31	274	23.1	97	12.24	7.29	109.26	-12.3	-298.6	5.0	-0.7	97.7	11.6	0.0
Nov	30	305	24	115	12.89	6.77	119.99	-5.0	-303.6	4.8	-0.2	115.2	4.7	0.0
Dez	31	335	25.2	140	13.32	6.02	140.90	-0.9	-304.5	4.8	0.0	140.0	0.9	0.0
TOTALS			276.6	1163.0			1279.3	-116.3		0.0	1163.0	116.3	0.0	
MEDIAS			23	97			107			±11	97	10	0	

Fonte: Rolim et al., 1998.

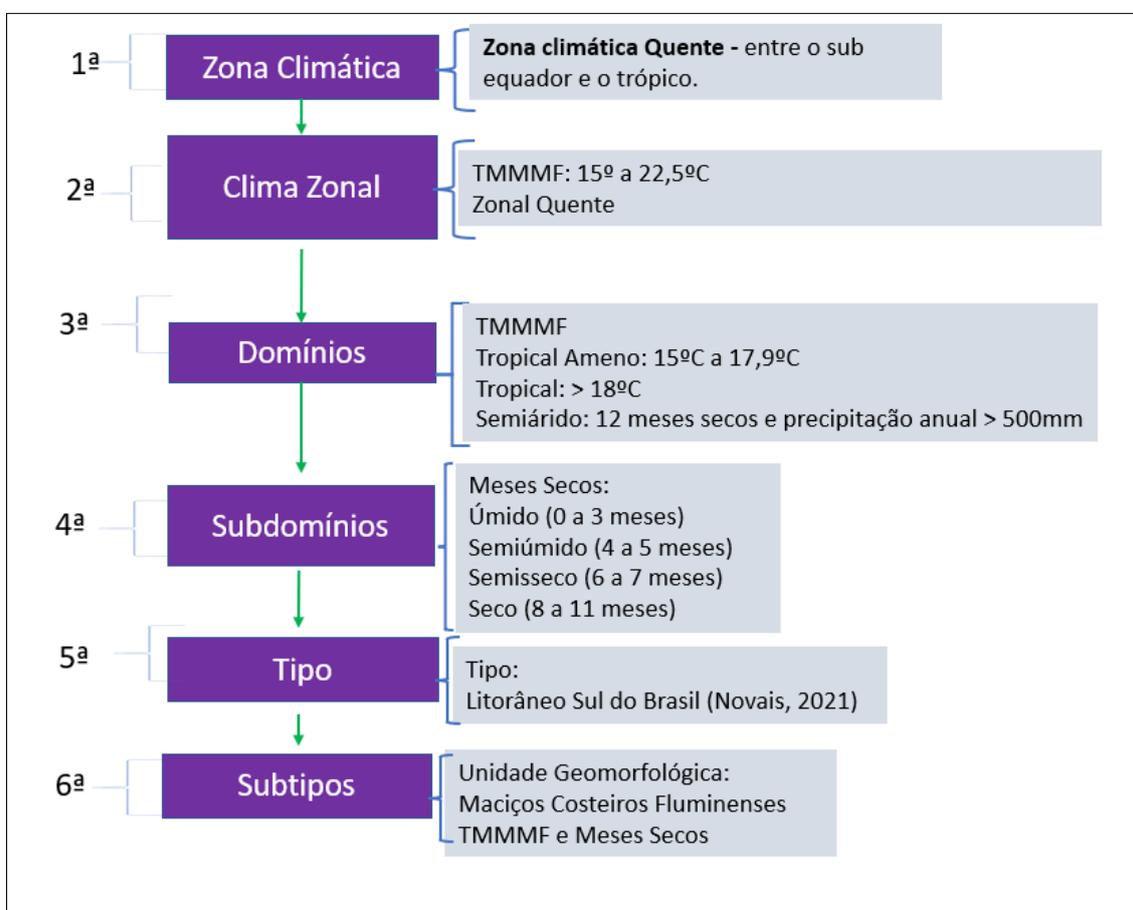
Para além dos meses secos, foram também realizados os mapeamentos das informações sobre Déficit e Excedentes Hídricos, tais dados são fornecidos na planilha, que mostra os valores totais em mm. A partir dos milímetros indicados para cada ponto, foram realizadas as interpolações, com o *IDW* que mostrou-se mais adequado e as classes foram organizadas manualmente.

3.9.3 Delimitação das Unidades Climáticas

Para realizar a delimitação das unidades climáticas, é preciso estabelecer a temperatura média do mês mais frio (TMMMF), quantidade de meses secos, a influência dos sistemas atmosféricos e seus efeitos na precipitação e nas passagens de frentes frias com possibilidades de geadas (NOVAIS, 2019).

As classes das unidades climáticas foram definidas até a 6ª hierarquia com: Zona Climática; Clima Zonal; os Domínios; os Subdomínios; o Tipo e os Subtipos, conforme consta na Figura 30.

Figura 30- Hierarquia na delimitação das unidades climáticas



Fonte: adaptado de Novais, 2019.

Nas Zonas Climáticas, o autor define como zonas climáticas para a América do Sul: Tórrido, Quente, Moderado, frio, polar e clima azonal. O município do Rio de Janeiro, encontra-se no clima zonal Quente, por sua latitude: 22°54'23" S, e localização

entre os paralelos do sub-equador e o trópico de capricórnio. Nesta zona, o sol possui como trajetória a proximidade do zênite observada durante o solstício de verão, e mais baixo no solstício de inverno, apesar dessas mudanças na posição do Sol, é uma região que recebe muita insolação e durante um mês recebe uma grande parte da radiação. Sei Clima Zonal também é o Quente com uma TMMMF entre 15°C e 22,5°C, com temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, apresentando uma pequena queda no inverno (NOVAIS, 2019).

Os domínios climáticos pertencem a escala regional Novais Op.cit. destaca que a TMMMF é de grande importância para a sua classificação, sem deixar de considerar os sistemas atmosféricos atuantes como as massas de ar, a entrada de frentes, a zona de convergência e a formação dos ciclones e anticiclones. (NOVAIS, 2021). De acordo com a TMMMF encontrada no mês de julho, têm-se três domínios dentro do maciço: Tropical Ameno; Tropical e Semiárido (12 meses secos e precipitação > 500 mm).

Por sua vez os domínios, são divididos em subdomínios, como base de critério, utiliza-se os meses secos:

- a) Úmido (0 a 3 meses secos);
- b) Semiúmido (4 a 5 meses secos);
- c) Semiseco (6 a 7 meses);
- d) Seco (8 a 11 meses).

Os Tipos mostram a localização dos domínios e subdomínios no continente sul-americano as delimitações podem ser realizadas considerando o relevo, a vegetação e quantidade de meses secos e as quantidades dos sistemas atmosféricos que o influencia. De acordo com Novais (2019, p.76) os que que aparecem no território brasileiro são: “setentrional, meridional (área de maior incursão de sistemas meteorológicos que provocam frentes frias e geadas esporádicas), central, oriental, ocidental, amazônico (de influência da Floresta Amazônica), nordestino e litorâneo (dividido em Norte: Oiapoque-AP a ponta do Calcanhar-RN, Leste: ponta do Calcanhar-RN ao cabo Frio-RJ, e Sul: cabo Frio-RJ ao arroio Chuí-RS)”. O Rio de Janeiro está inserido no tipo Litorâneo Sul do Brasil (NOVAIS, 2021;2022).

No estabelecimento dos Subtipos climáticos, os aspectos geomorfológicos assumem como a principal fator para demarcação das unidades climáticas, a partir da

configuração topográfica do Maciço da Pedra Branca, que apresenta relevo com várias cotas altimétricas até o seu ponto culminante (1024,67 metros), a presença de escarpas, morros e serras, é preponderante para as diferenciações de radiação, umidade e temperatura em suas vertentes. No entanto, as principais unidades geomorfológicas são os Maciços Costeiros Fluminenses, Colinas e Morros da Depressão da Guanabara, Planícies Litorâneas, e as Planícies e Terraços Fluviais.

Após a realização de cada etapa das hierarquias de classificação, a sobreposição das informações resultou no mapa de Unidades Climáticas, os domínios e subdomínios são identificados por cores, o tipo climático e os subtipos pela combinação de letras maiúsculas e minúsculas com símbolos e números inseridos.

A classificação das cores para o mapeamento dos domínios e subdomínios seguiram o padrão com numerações predefinidas para a composição RGB, estabelecidas por Novais (2021), organizadas na Tabela 1:

Tabela 1- Composição RGB para os domínios e subdomínios climáticos

<i>Domínios e subdomínios</i>	<i>RGB</i>
<i>Tropical Úmido</i>	R= 255 G=198 B=0
<i>Tropical Semiúmido</i>	R= 255 G = 223 B = 113
<i>Tropical Semisseco</i>	R = 255 G = 241 B = 193
<i>Tropical Seco</i>	R = 255 G = 251 B = 234
<i>Tropical Ameno Úmido</i>	R = 118 G = 227 B = 152
<i>Semiárido</i>	R = 255 G = 255 B = 74

Fonte: NOVAIS, 2021.

Desse modo, o mapa de unidades climáticas associa todas as hierarquias e demonstra a localização das classificações climáticas que poderão ser utilizadas nos estudos do clima e no planejamento ambiental e urbano/territorial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta os principais resultados que foram encontrados na pesquisa desta tese, e concluindo assim o objetivo estabelecido. Foram discutidas as análises das variáveis térmicas e pluviométricas, e o balanço hídrico, com a compreensão da existência dos meses secos, dos déficits e excedentes hídricos. Posteriormente, encontra-se o estabelecimento das hierarquias do clima, de acordo com a classificação climática de Novais (2019), que prosseguiu até quinta hierarquia. A sobreposição das hierarquias originou o mapeamento das unidades climáticas no maciço da Pedra Branca.

As classificações encontradas foram associadas as demais investigações, com as fotografias e dados coletados nos trabalhos de campo, e os mapas gerados por sensoriamento remoto, com os índices de vegetação: NDVI, SAVI e EVI, que foram associados com a avaliação da Temperatura Superficial (TS) do maciço da Pedra Branca.

4.1 As variáveis térmicas e pluviométricas no maciço da Pedra Branca

Os elementos do tempo como a temperatura e a precipitação constituem importantes variáveis para as análises climáticas, suas alterações estão diretamente relacionadas com fatores que incluem a incidência da radiação, o relevo, a vegetação, a maritimidade, além da orientação das vertentes que estão presentes na área de pesquisa.

Os parâmetros relacionados com a temperatura, a precipitação e ETP, são fundamentais para a delimitação de unidades climáticas, uma vez que a obtenção dessas informações disponibilizadas pelo algoritmo CHELSA, de 1979 a 2013, possibilita o entendimento das variações térmicas e pluviométricas nos meses e nas estações do ano, assim como a ETP. Sendo a principal base de análise na determinação da zona climática, clima zonal, dos domínios e subdomínios, e dos tipos e subtipos climáticos.

4.1.1 Distribuição da temperatura do ar nas vertentes do maciço da Pedra Branca

A média térmica no município do Rio de Janeiro está entre 25°C e 30°C durante o verão e entre 21°C e 24°C no inverno, ou seja, as temperaturas não sofrem grande amplitude ou redução durante o inverno. O maciço da Pedra Branca possui condições de temperatura concernentes com sua orografia.

A Mapa 13 representa a temperatura nos meses de dezembro a fevereiro, que correspondem ao verão, e quando a irradiância é maior nos trópicos no hemisfério sul, devido a mudança no ângulo zenital. Portanto observam-se temperaturas entre 21°C e 27°C. As médias obtidas a partir do algoritmo CHELSA, mostram resultados para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, entre 22,3°C e 25,7°C; 21,7°C e 26,8°C; e 23,4°C e 27°C respectivamente.

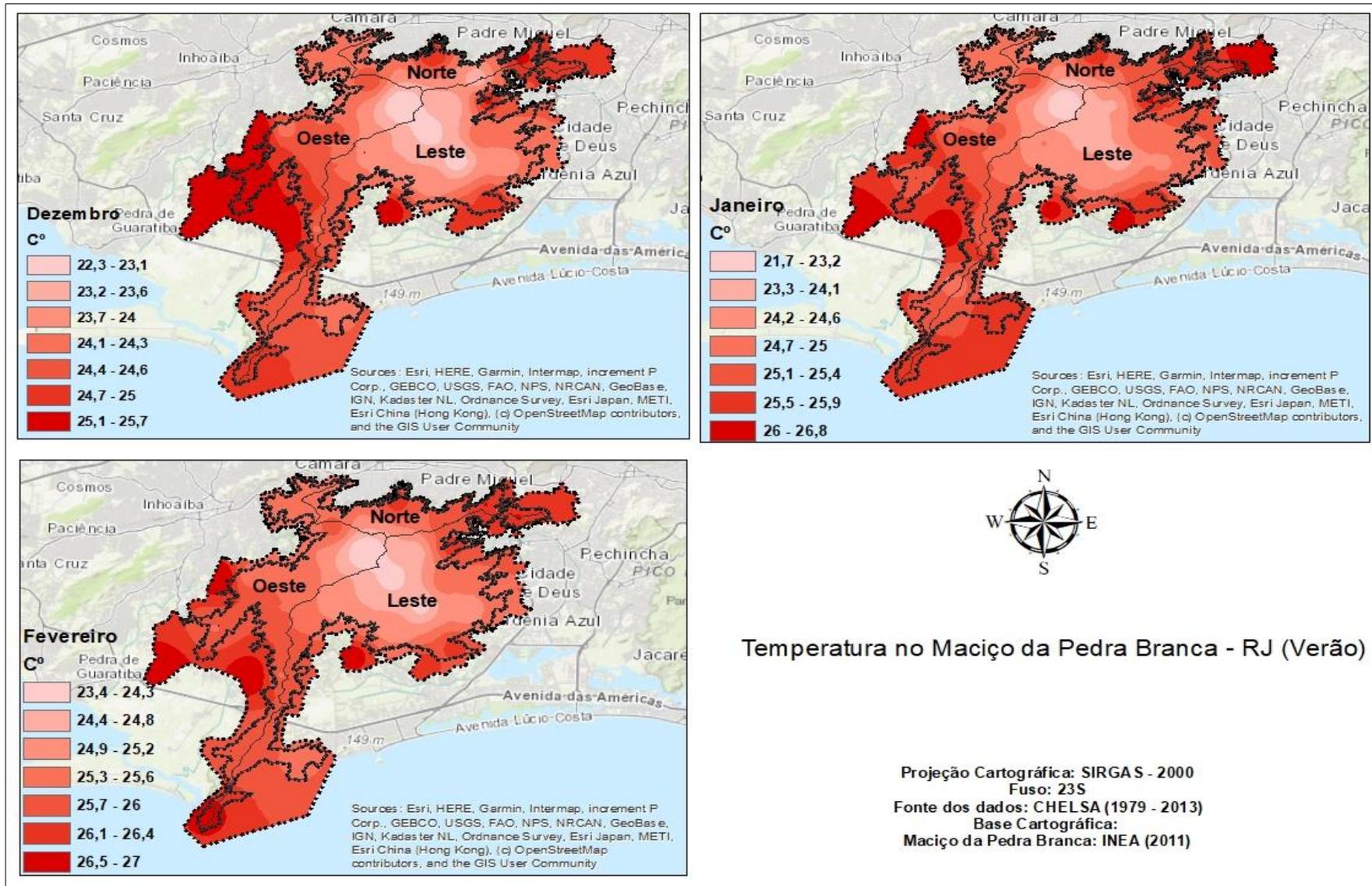
Em todos os meses as menores temperaturas são encontradas nas áreas próximas ao Pico do Maciço com 1024,68 metros, o marco geodésico da cidade do Rio de Janeiro, o que evidencia que tais dados resultam da influência da altimetria na temperatura, pois quanto maior a altitude a tendência é a redução nas médias térmicas. Em contrapartida, as temperaturas mais elevadas foram encontradas nas áreas próximas a zona de amortecimento, demonstrando as interferências humanas como a urbanização na temperatura, que podem resultar na formação de ilhas de calor, conforme destacam Monteiro (2003) e Lucena (2019), sendo a alteração na temperatura mais perceptível nas áreas urbanas.

No mês de dezembro, próximo ao pico do maciço, registram-se temperaturas médias que variam de 22,3°C a 22,8°C, enquanto na vertente oeste, principalmente nas proximidades com o bairro de Guaratiba, as temperaturas mostraram-se mais elevadas, entre 22,3°C e 25,7°C. Na vertente norte também se verificam temperaturas maiores nos bairros de Bangu, Padre Miguel e Realengo.

Em janeiro, as temperaturas mais amenas podem ser observadas na vertente leste, entre os bairros de Vargem Grande e Camorim, com temperaturas entre 23°C e 24,6°C. A amplitude entre a mínima e a máxima temperatura é de 5,1°C. A vertente oeste, entre os bairros de Guaratiba e Campo Grande, demonstram as maiores temperaturas, de 25,5°C a 26,8°C, assim como na vertente norte, entre os bairros de Realengo e Jardim Sulacap.

No mês de fevereiro identificam-se as maiores médias na temperatura, com a concentração de pontos mais quentes localizados na zona de amortecimento, entre os bairros de Campo Grande e Guaratiba, na vertente oeste, com temperaturas entre 26,6°C e 27°C.

Mapa 13- Variação da temperatura nos meses do verão no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados de temperatura: CHLSA (1979-2013).

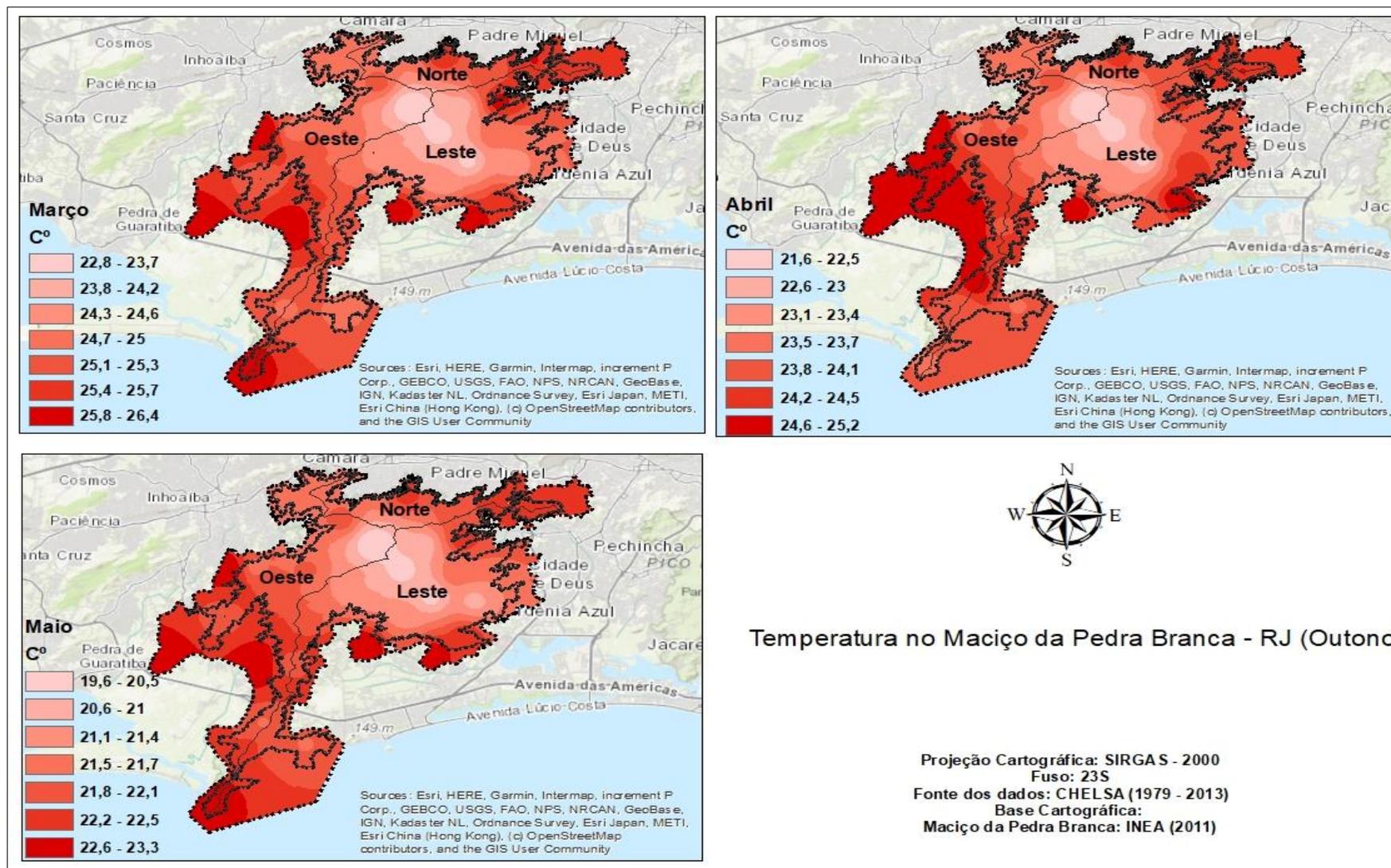
O Mapa 14 ilustra as temperaturas espacializadas nos meses que correspondem ao outono, ou seja, março, abril e maio. Conforme o esperado, nesses meses as temperaturas começam a apresentar quedas, não tão bruscas, mas tornam-se mais amenas. À medida que se aproxima da estação do inverno, essa transição entre as estações, fazem com que as médias térmicas passem a variar de 19°C a 25°C.

O mês de março, que marca o encerramento do verão e o início do outono, ainda é possível verificar temperaturas mais elevadas, entre 22,8 °C e 26,4°C, assim as diferenças entre a mínima e a máxima ficam em torno de 3,6°C. As maiores temperaturas podem ser observadas na vertente com proximidade ao bairro de Guaratiba. No topo do maciço encontram-se as temperaturas entre 22,8°C e 23,3°C.

No mês de abril a menor média registrada foi de 21,6°C e a maior de 25,2°C, quando se identificam mais áreas que apresentam menor escala de temperatura, entre 21,6°C e 22,1°C, principalmente nas proximidades ao pico do maciço, e maiores temperaturas nas vertentes oeste e norte.

O mês de maio apresenta uma variação de 19,6°C na mínima e 23,3°C na máxima, o que demonstra um declínio gradativo das médias com a consolidação da estação do outono, as mudanças no eixo de inclinação da terra, altera incidência da radiação no hemisfério sul, e com isso as temperaturas tendem a se tornar mais amenas. Verifica-se a permanência das menores temperaturas, entre 19,6°C e 21°C, em grande parte da vertente leste. Ao contrário é observado na vertente oeste, pontos com temperaturas mais elevadas, de 22,2°C a 23,3°C, nas proximidades com o bairro de Guaratiba, e na vertente norte, entre os bairros de Realengo e Jardim Sulacap.

Mapa 14- Variação da temperatura nos meses do outono no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados de temperatura: CHELSA (1979-2013).

No inverno a atuação dos sistemas frontais, como as frentes frias ganham intensidade e são responsáveis por episódios de redução das temperaturas, ou seja, em algumas situações tais episódios podem provocar ondas de frio (Mendes et al., 2022). Durante o inverno o município do Rio de Janeiro fica sob a influência da mTa (massa tropical atlântica) e pelas massas polares frias (SERRA; RATISBONA, 1941). Com isso, esses sistemas podem reduzir as temperaturas no maciço da Pedra Branca, e, após a passagem de uma frente fria, a redução pode ser significativa em todas as vertentes, mas principalmente nas áreas próximas ao Pico do maciço e na vertente leste, áreas que já apresentam temperaturas médias mais baixas quando comparadas as vertentes norte e oeste.

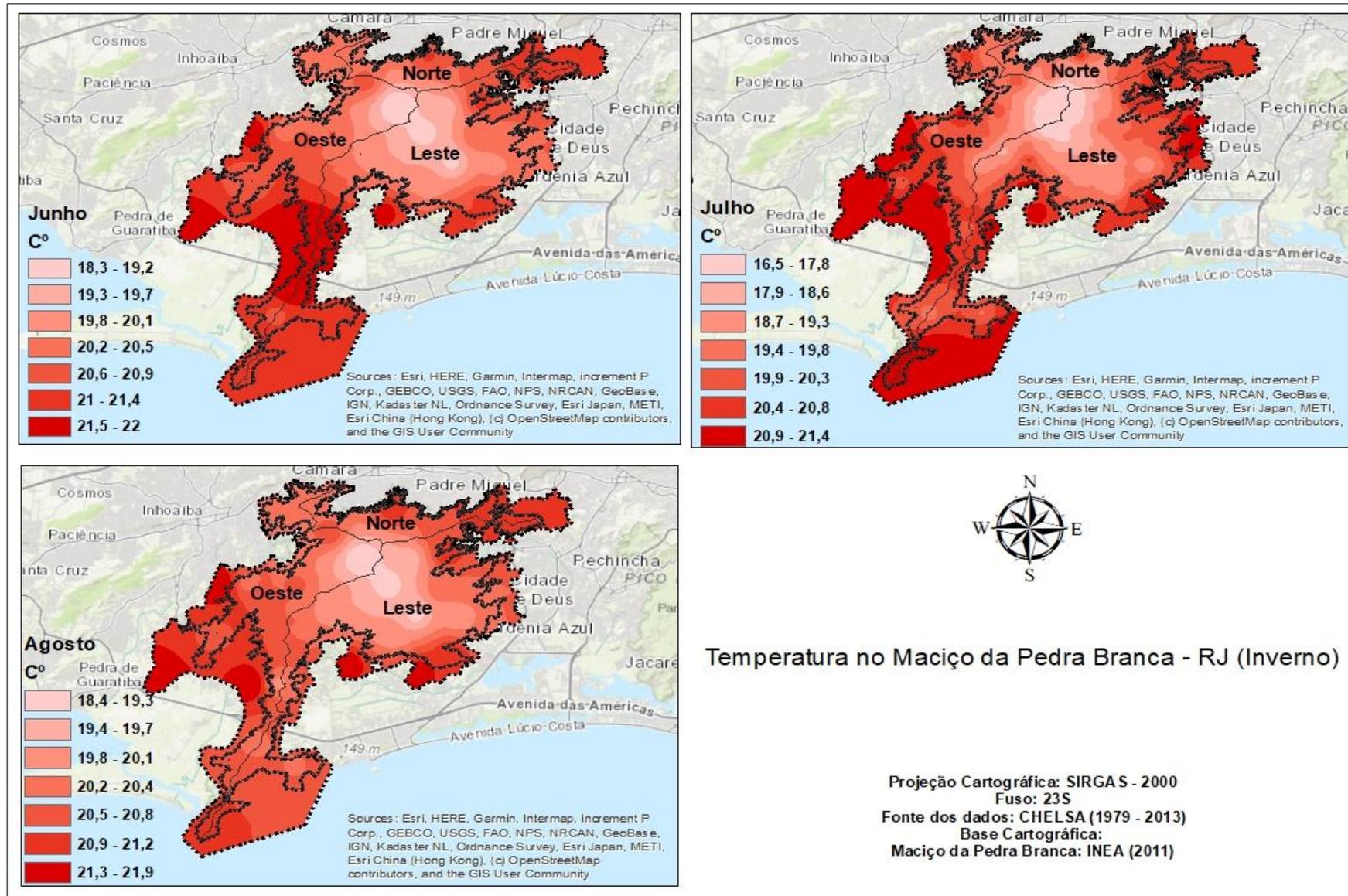
O Mapa 15 demonstra a espacialização das médias das temperaturas nos meses de junho, julho e agosto.

O mês de junho marca o início da estação, quando se identificam temperaturas que variam de 18,3°C a 22°C. As maiores temperaturas entre 21,5°C e 22°C encontram-se nas vertentes próximas aos bairros de Guaratiba, Grota Funda e Recreio dos Bandeirantes. As menores temperaturas estão presentes nas adjacências ao pico, e nas proximidades das cotas altimétricas de 100 metros, entre os bairros de Vargem Grande e Camorim.

O mês de julho é registrado como o mês mais frio, portanto, sua delimitação é relevante para determinar as unidades climáticas, conforme destaca Novais (2018, 2019). A temperatura média mínima apresentou uma variação entre 16,5°C e 17,8°C verificado nos pontos localizados nas cotas altimétricas próximas aos 1.024,68 metros. As vertentes próximas aos bairros de Jacarepaguá, Realengo, Guaratiba mostraram maiores temperaturas, entre 20,9°C e 21,4°C.

Em agosto as temperaturas tendem a sofrer uma elevação, com variações entre 18,4°C e 21,9°C. Observa-se na Mapa 15 uma espacialização diferenciada, as temperaturas entre 18,4°C e 20,4°C acabam predominando em boa parte do maciço, permanecendo com pontos mais quentes, entre 21,3°C e 21,9°C nas proximidades do bairro de Guaratiba.

Mapa 15- Variação da temperatura nos meses do inverno no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados de temperatura: CHELSA (1979-2013).

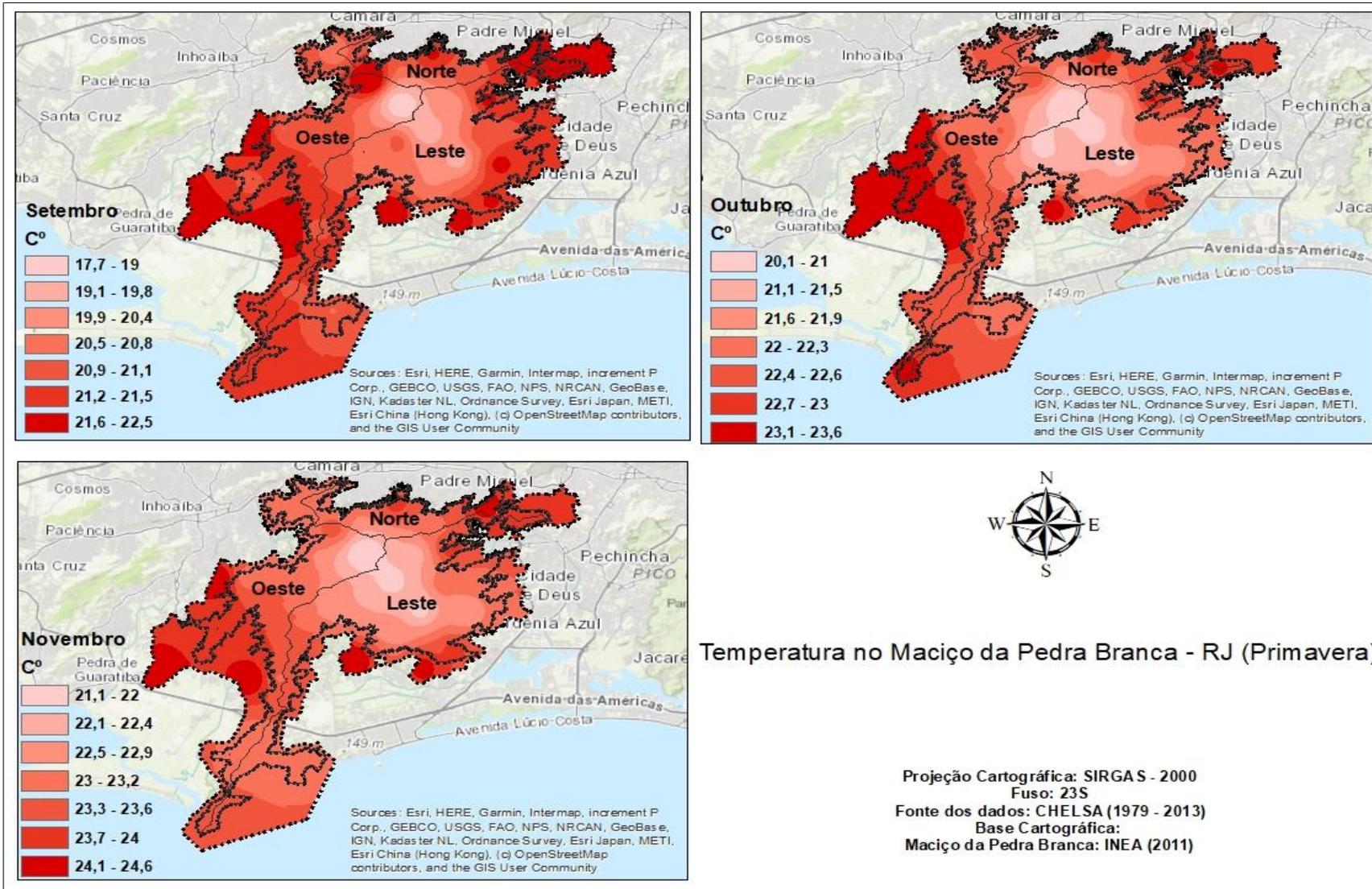
Na primavera, como uma estação de transição para o verão, percebe-se um aumento nas temperaturas, principalmente a partir do mês de outubro. O Mapa 16 mostra a espacialização das temperaturas nos meses de setembro, outubro e novembro.

No mês de setembro destacam-se as temperaturas entre 17,7°C e 22,5°C. As temperaturas referentes a faixa de 17,7°C e 18,4°C são encontradas próximo ao pico do maciço. Os valores entre 21,9°C e 22,5°C permanecem nas proximidades ao bairro de Guaratiba. Verifica-se que a maior parte do maciço possui temperaturas entre 20,5°C e 21,1°C, sendo a média mais predominante para esse mês.

Em outubro as temperaturas apresentaram uma variação entre 20,1°C e 23,6°C, com uma amplitude de 3,5°C. As médias entre 20,1°C e 20,6°C são encontradas próximas ao pico. Percebe-se que a medida que as curvas da interpolação se aproximam da zona de amortecimento, as temperaturas entre 22,7°C e 23,1°C; e 23,2°C e 23,6°C acabam predominando.

No mês de novembro as temperaturas passam a ter valores entre 21,1°C e 24,6°C. A menor variação, entre 21,1°C e 21,6°C estão presentes nas maiores altitudes. A maior espacialização das temperaturas encontram-se nos intervalos entre 22,2°C e 23,6°C, o que pode ser identificado no Mapa 16. Os maiores valores, entre 24,2 e 24,6°C estão ressaltados em alguns pontos da zona de amortecimento, na vertente oeste, próximo a Guaratiba, e no bairro de Realengo.

Mapa 16- Variação da temperatura nos meses da primavera no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados de temperatura: CHELSA (1979-2013).

O Mapa 17 apresenta a distribuição espacial da TMMMF, considerando a metodologia elaborada por Novais (2017, 2019), que a partir da temperatura média do mês mais frio, é possível delimitar as unidades climáticas conjugadas com outros parâmetros como a ETP e as unidades geomorfológicas. Nos climas zonais, o zonal quente possui como limite a TMMMF entre 15°C e 22,5°C. Assim, todo o maciço possui essa classificação referente ao clima zonal. Na identificação dos domínios, o *tropical* é determinado pela TMMMF acima de 18°C, enquanto o *tropical ameno* está entre 15°C e 17,9°C. Esses dois domínios foram encontrados na área de estudo. O domínio *semiárido* não possui como parâmetro a TMMMF, mas apenas a ETP com 12 meses secos.

Desse modo, as classes encontradas no Mapa 17 foram organizadas considerando as classificações dos domínios climáticos, com quatro classes de temperaturas: 16,5°C a 18°C; 18°C a 19,5°C; 19,5°C a 21°C; e acima de 21°C.

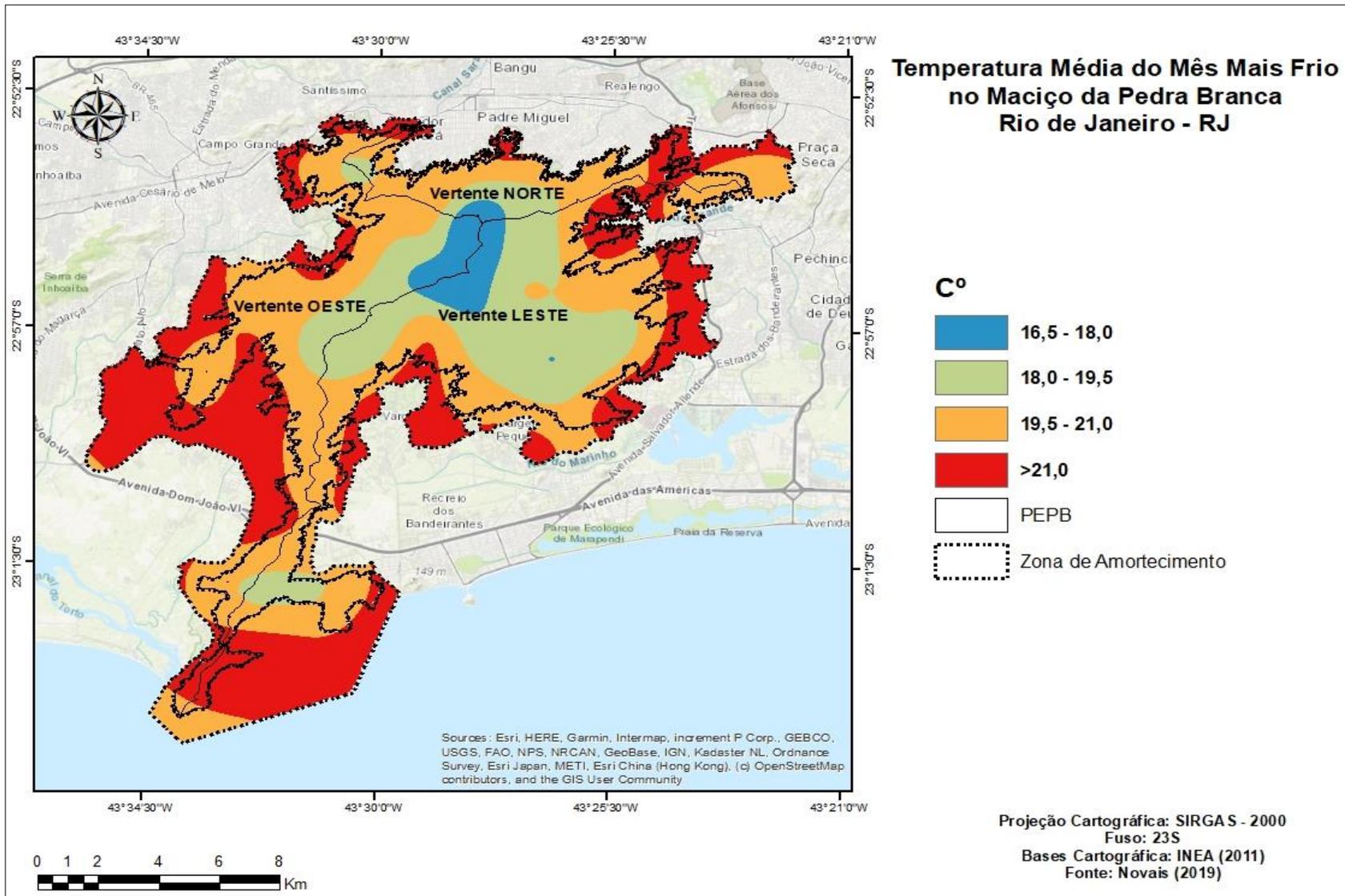
A menor TMMMF entre 16,5°C e 18°C encontra-se próximo a cota altimétrica do pico do maciço da Pedra Branca, o que contribui para compreender o quanto a altitude influencia nas temperaturas. Dentre os pontos selecionados para a coleta das médias térmicas fornecidas pelo CHELSA, apenas um ponto obteve a menor temperatura de 16,5°C, os demais pontos no entorno do pico, registraram variações entre 17 e 17,8°C. Tais valores auxiliaram na determinação do domínio *tropical ameno* para essa pequena área localizada na maior altitude.

As temperaturas entre 18°C e 19,5°C são observadas nas cotas abaixo de 700 metros, prosseguindo até a cota de 500 metros. Ou seja, à medida que a altitude se aproxima das regiões de baixadas, as temperaturas tendem a sofrer um aumento.

O aumento gradativo é entre 19,5°C e 21°C, e acima de 21°C nas cotas altimétricas abaixo de 400 metros. A zona de amortecimento possui em sua maior parte, temperaturas acima de 21°C, corroborando para a análise de que os elementos presentes na paisagem como a maior intensificação urbana e suas ações antrópicas de degradação da cobertura vegetal, assim como a menor altitude contribuem no aumento da temperatura.

O domínio *tropical* está presente na maior porção do maciço, apenas o domínio *semiárido* é encontrado na vertente oeste, na área correspondente ao bairro de Guaratiba, que apresentou a ETP em todos os pontos coletados com 12 meses secos.

Mapa 17- Temperatura média do mês mais frio (TMMMFM) no Maciço da Pedra Branca



Fonte dos dados de temperatura: CHELSA (1979-2013).

4.1.2 Distribuição da precipitação nas vertentes do maciço da Pedra Branca

O Mapa 18 demonstra a espacialização da pluviosidade durante os meses de verão. Nas características pertinentes ao clima do município do Rio de Janeiro, as chuvas são mais concentradas durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Tais quantidades pluviométricas ocorrem por conta da atuação de sistemas frontais, a partir das influências do anticiclone polar e da ZCAS, conforme destacam Nimer (1972) e Sant'Anna Neto (2005).

No maciço as chuvas tendem a concentrar-se nas áreas de maior altimetria, a ascensão da massa úmida devido a orografia provoca o seu resfriamento adiabático, “a ascensão de dada coluna de ar ocorre por conta da expansão de suas moléculas, o que resulta em um decréscimo de sua densidade em relação ao ambiente de seu entorno” (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007, p.63), ou seja, durante esse processo a redução do contato entre as moléculas, ocasionam o rebaixamento da temperatura e a condensação.

O mês de dezembro apresenta a média pluviométrica entre 129 e 215 mm, a menor média, entre 129 e 141 mm está localizada na vertente oeste, na área que corresponde ao bairro de Guaratiba. A maior pluviosidade, entre 204 e 215 mm, concentra-se nas partes com a maior cota altimétrica, o que justifica a convergência da umidade de acordo com a orografia.

Na análise das representações, o mês de janeiro configura-se como o mais chuvoso, os milímetros de precipitação ficaram em torno de 134 a 232 mm. A maior média entre 213 mm e 232 mm, pode ser encontrado nas maiores cotas nas vertentes leste e em parte da norte, próximo ao bairro de Bangu. Alguns trabalhos como o de Lucena (2005), demonstraram que o bairro de Bangu, apresenta elevadas temperaturas e pouca umidade. Contudo, faz-se necessário considerar a escala de análise, o autor estabeleceu sua pesquisa na área urbanizada e baixada. Quando se elaboram investigações no maciço, outros fatores precisam ser considerados, como a altimetria e a orientação das vertentes, no caso da vertente norte, a orientação tem predomínio Norte e Noroeste, e sua altimetria superam 900 metros, e o que pode gerar uma maior concentração de umidade.

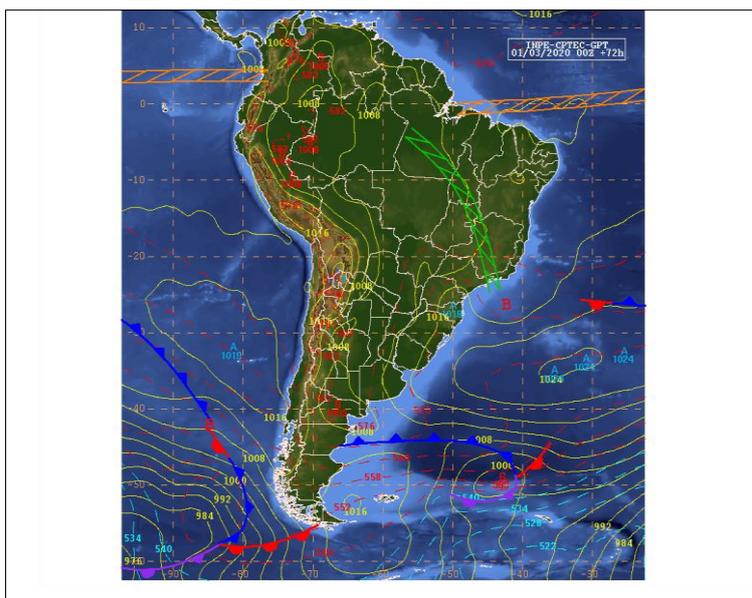
A vertente oeste, permanece como a mais seca, com médias entre 134 e 153 mm, verificadas na área correspondente ao bairro de Guaratiba, o que pode estar relacionado com a alta evapotranspiração na região, com meses secos que variam de 11 a 12 meses.

No mês de fevereiro ocorre uma discreta redução das chuvas, as médias apresentadas ficaram entre 118 e 203 mm. Com chuvas mais concentradas no pico do maciço, e nas proximidades de Bangu na vertente norte, mas possui menor média entre 118 e 136 mm localizada na porção oeste dessa vertente.

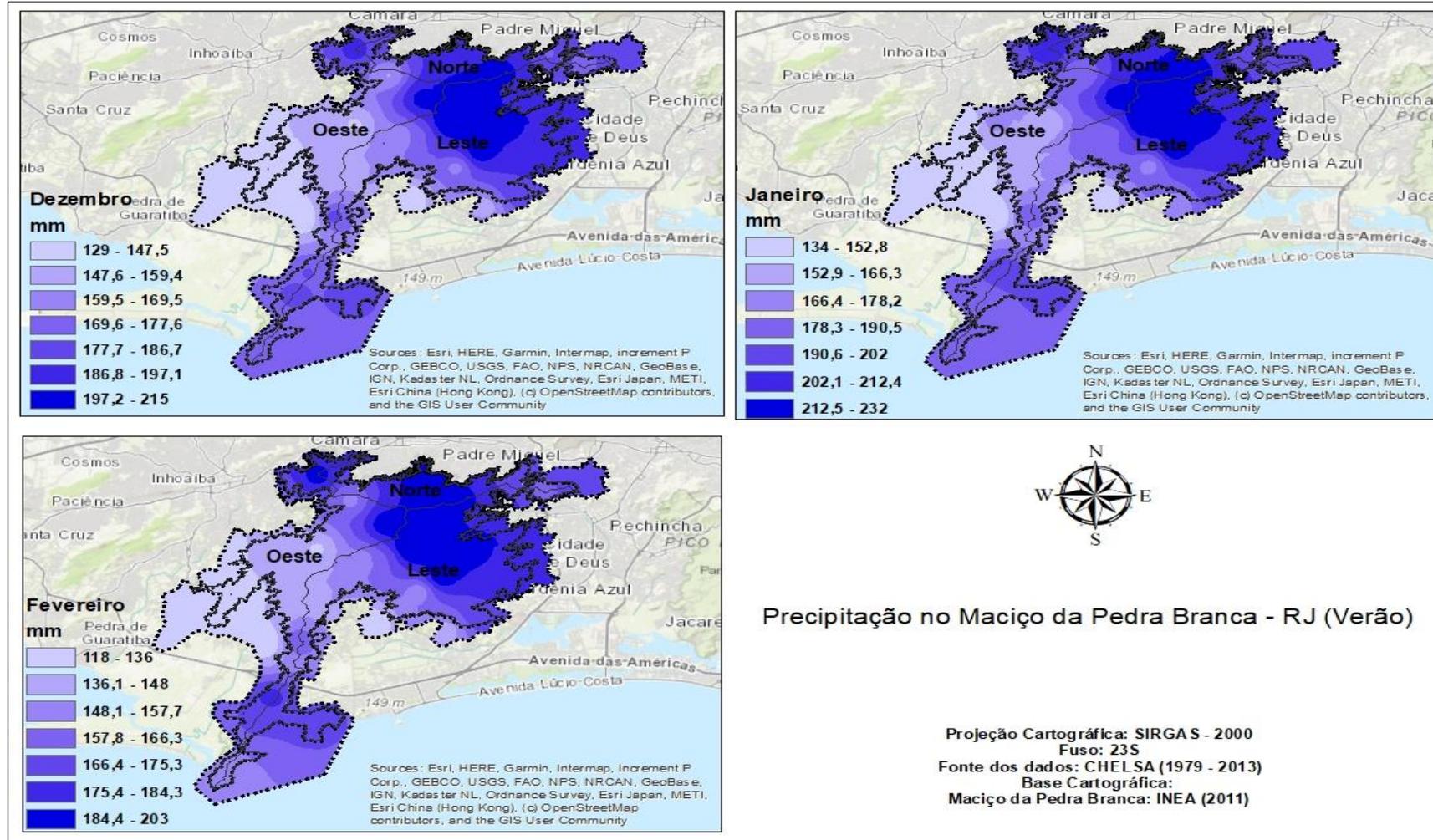
A estação do outono que representa a transição para o inverno, também é marcada pelas mudanças no regime das chuvas, podendo ocorrer excepcionalidades nos meses de março e abril. O mês de março possui como característica uma maior atuação de entrada de sistemas atmosféricos frontais e formação de zonas de convergências. Armond (2014) comprova que a temporada de chuvas originadas por sistemas frontais ocorre entre março e abril, o que pode resultar em situações de episódios extremos.

No dia 01 de março de 2020, um evento excepcional ocorreu no município, apesar de ter causado transtornos em toda a cidade, o bairro de Realengo, na vertente norte do maciço foi o mais atingido. Na Figura 31 observam-se as condições atmosféricas que culminaram nas elevadas precipitações, com registros superiores aos 180 mm em 24 horas. Tal episódio eclodiu por conta da formação de um sistema frontal estacionário que se encontrava no oceano, somada a atuação da ZCAS. Identifica-se também a formação de uma Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) que possui uma menor duração, mas forma uma canalização das massas úmidas em direção aos sistemas atmosféricos de baixa pressão. Nota-se um sistema de baixa pressão atmosférica formado no oceano, no litoral do Rio de Janeiro, pois o horário da carta sinótica demonstra exatamente a posição da ZCOU, na cidade do Rio de Janeiro.

Figura 31- Carta sinótica do dia 01 de março de 2020, 00Z – 72 horas

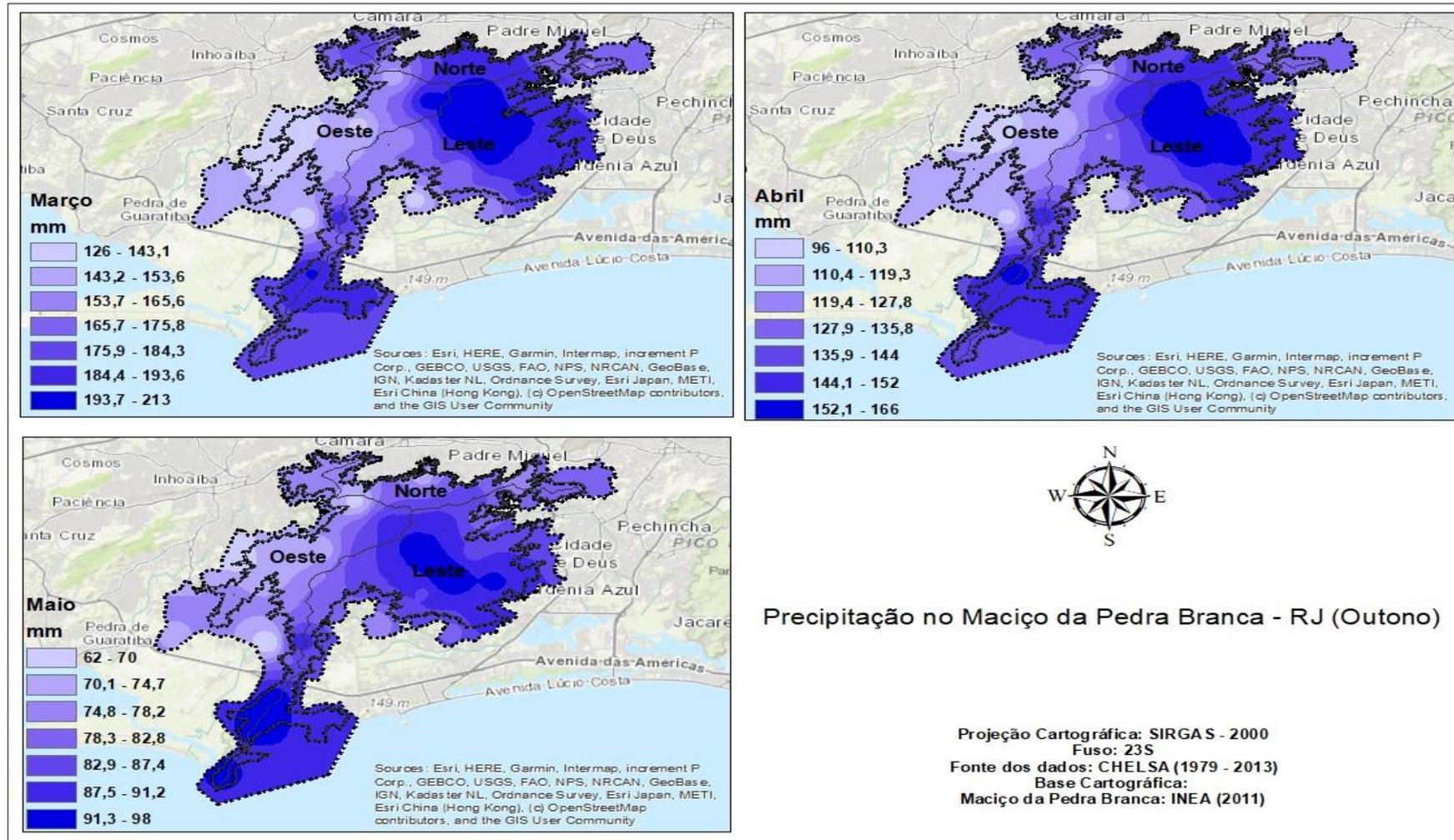


Mapa 18- Variação da pluviosidade nos meses do verão no Maciço da Pedra Branca no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados: CHELSA (1979-2013)

Mapa 19- Variação da pluviosidade nos meses do outono no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados: CHELSA (1979-2013)

No Mapa 20 os meses da variação das médias pluviométricas dos meses de junho, julho e agosto, correspondem a estação do inverno. Conforme já esperado devido a condição climática do Rio de Janeiro, o inverno é a estação seca, quando as precipitações sofrem uma significativa redução com médias inferiores a 100 mm.

A influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é responsável pela condição de pouca nebulosidade. Os sistemas frontais, passam de forma mais lenta durante o verão, ampliando as convecções no interior do continente e as situações estacionárias que geram mais chuva. Durante o inverno, apesar de verificar-se uma maior passagem de sistemas frontais, esses passam de forma mais rápida e zonais, não conseguindo penetrar no continente, portanto não geram grandes atividades convectivas, mas são capazes de reduzir as temperaturas (Nobre et al., 1998).

O mês de junho apresenta uma maior média pluviométrica, entre 57 e 89 mm. Os maiores valores entre 83 e 89 mm, são verificados apenas nas proximidades ao pico do maciço. A vertente leste apresenta médias que variam de 77 a 82 mm. Notam-se alguns pontos com valores entre 83 e 89 mm na Serra da Grota Funda. As menores médias entre 57 e 68 mm estão localizadas entre os bairros de Guaratiba e Campo Grande.

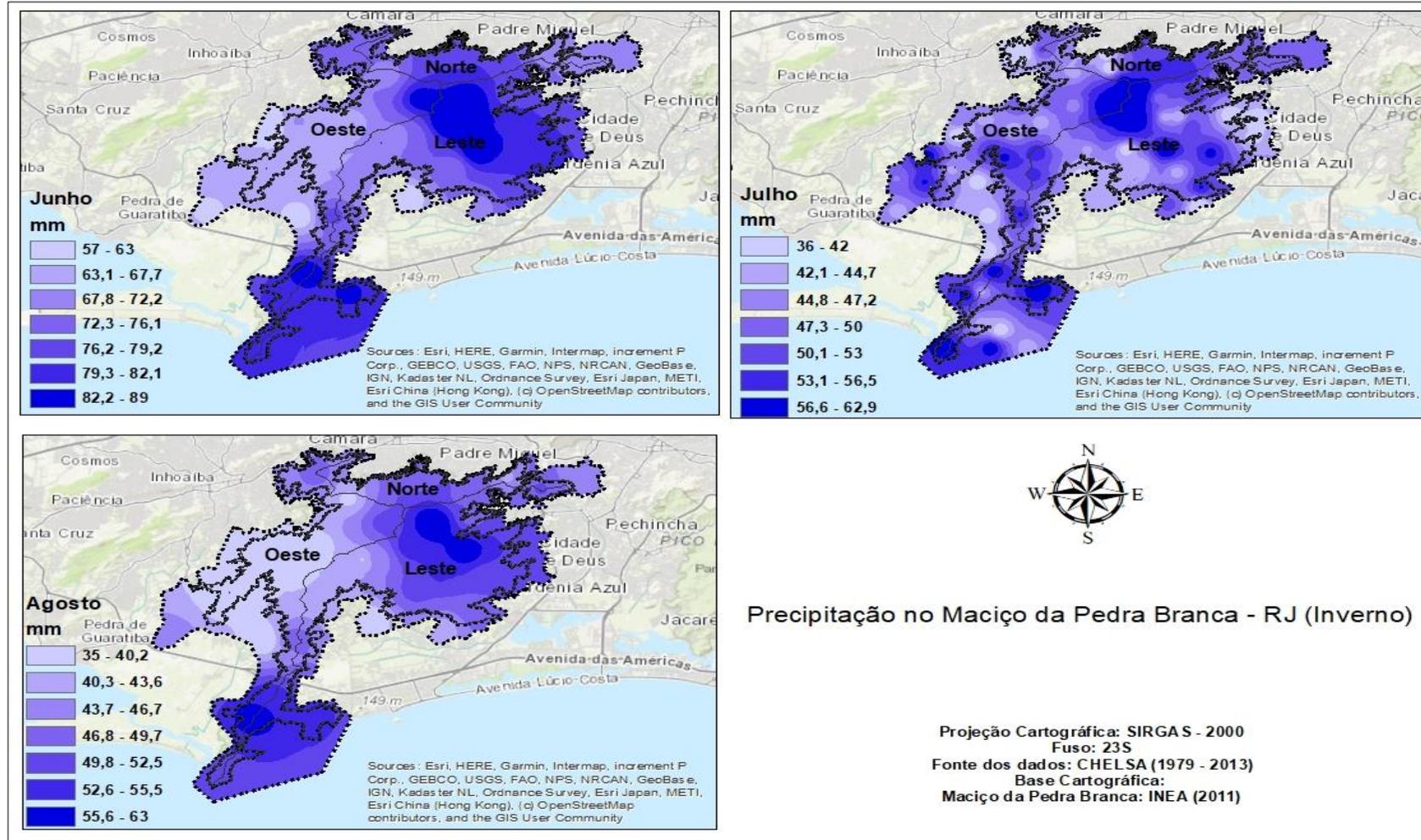
Os meses de julho e agosto são os mais secos, e, portanto, os mais preocupantes em relação a ocorrência de incêndios florestais. Durante o trabalho de campo realizado no núcleo Piraquara, no bairro de Realengo, em janeiro de 2022, um dos Guardas-Parque do INEA que estava como Guia na trilha explicou que uma das ações que estavam sendo implementadas, como forma de mitigar as queimadas frequentes nos meses mais secos, é a construção de *aceiros*¹⁰ que formam uma barreira natural no entorno da unidade, reduzindo os incêndios. A ocorrência dos incêndios florestais no maciço foi evidenciada nos estudos realizados por Sousa et al. (2009). Brandão e Miranda (2012) demonstraram que a vertente norte é a mais suscetível a incêndios, dentre os diversos fatores que contribuem para a deflagração das queimadas, as condições da vegetação aparecem como um fator.

O mês de julho apresenta uma variação de entre 29 e 69 mm. Já o mês de agosto registra médias entre 35 e 63 mm, sendo o mês mais seco. As menores médias são

¹⁰ Nos aceiros são elaborados a partir do fogo controlado, põem-se fogo na vegetação seca em uma faixa estreita de terra no entorno da unidade e logo em seguida o apagam. A parte queimada funciona como uma barreira natural contra os incêndios. Fonte: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8353-aceiros-ajudam-a-evitar-incendios-florestais>> acesso em 27 de março de 2022.

verificadas na vertente oeste, o que pode aumentar significativamente a possibilidades de incêndios florestais.

Mapa 20- Variação da pluviosidade nos meses do inverno no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados: CHELSA (1979-2013)

No Mapa 21 observa-se as variações na pluviosidade nos meses da primavera, correspondentes a setembro, outubro e novembro. As precipitações aumentam gradativamente, e nota-se que o mês de outubro as médias acumuladas são mais elevadas. Pristo et al. (2018) a partir de registros e análises frequentes sobre a precipitação no município do Rio de Janeiro destacam que na primavera ocorrem picos máximos pluviométricos, que foram identificados no morro do Sumaré (única com estação pluviométrica em área de mais alta altitude no município do Rio de Janeiro), nos maciços do Gericinó-Medanha e na Pedra Branca. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a março.

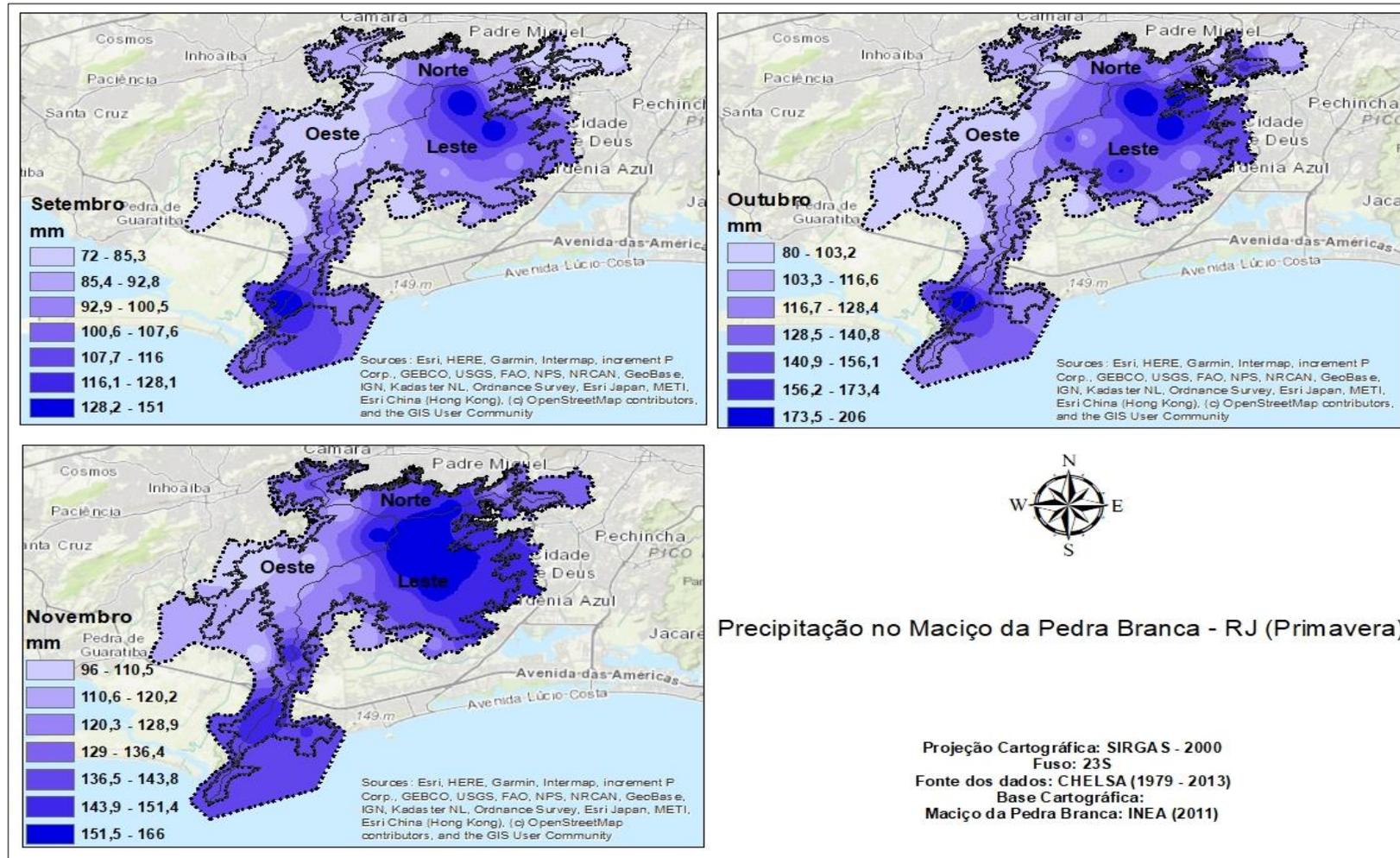
No mês de setembro os valores da pluviosidade ficaram entre 72 e 151 mm. A média máxima entre 141 e 151 mm podem ser observadas em partes do pico e na Serra da Grota Funda, a vertente leste apresenta uma variação entre 96 e 117 mm. As menores quantidades, entre 72 e 83 mm localizam-se na vertente oeste, entre os bairros de Guaratiba e Campo Grande. Contudo, na espacialização identificam-se médias menores, entre 84 e 95 mm, na vertente norte, em toda a sua extensão.

O mês de outubro representa o início da estação chuvosa no Rio de Janeiro, quando o volume pluviométrico aumenta e chove durante vários dias do mês. Tal ocasião é comprovada na espacialização das médias para o mês. A média acumulada encontra-se entre 80 e 206 mm. A sua distribuição é verificada com os maiores valores entre 189 e 206 mm, no pico do maciço e em pontos específicos na vertente leste. A parte com menores valores entre 80 e 98 mm está presente na vertente oeste, entre os bairros de Guaratiba e Campo Grande, e em vários pontos da vertente norte.

Novembro apresenta médias entre 96 e 166 mm. Os valores máximos, entre 157 e 166 mm são verificados no pico, e entre 147 e 156 mm estão presentes em uma maior área na vertente leste, em proximidades com os bairros de Camorim e Jacarepaguá. Os valores mínimos, entre 96 e 106 mm, são observados na vertente oeste.

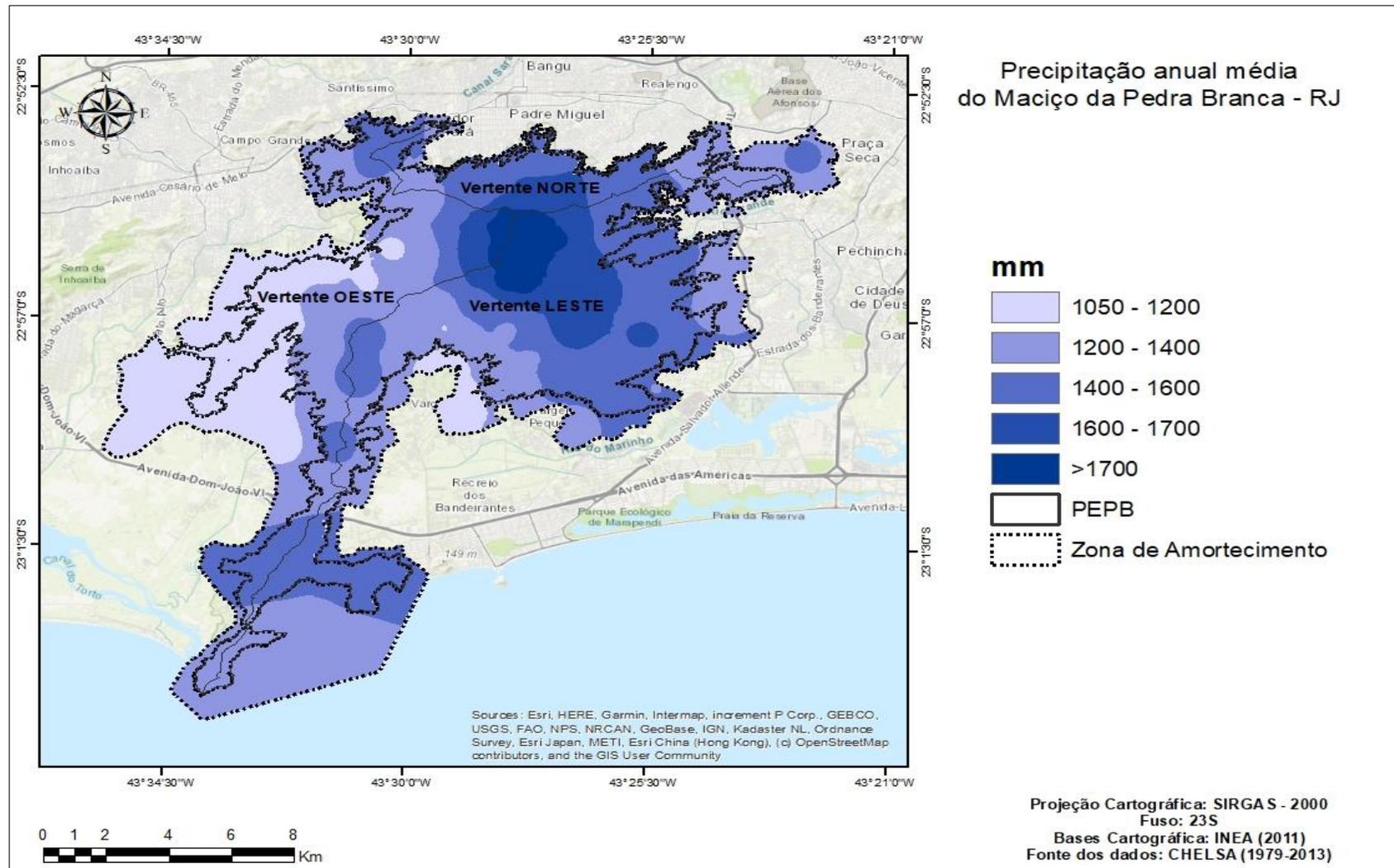
A média pluviométrica anual está representada no Mapa 22, constata-se que a variação da pluviosidade fica entre 1050 e 1700 mm. Dados acima de 1700 mm, podem ser encontrados no pico do maciço, enquanto a precipitação entre 1050 e 1200 mm, estão localizadas na vertente oeste, entre Campo Grande e Guaratiba, e em uma pequena parte próxima a Vargem Grande e Praia do Grumari. Na maior parte da extensão do maciço a pluviometria anual varia de 1200 mm a 1600 mm.

Mapa 21- Variação da pluviosidade nos meses da primavera no Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte dos dados: CHELSA (1979-2013)

Mapa 22- Mapa da precipitação anual média do maciço da Pedra Branca-RJ



Fonte dos dados: CHELSA (1979-2013).

4.1.3 Balanço Hídrico – Déficit e Excedentes no Maciço da Pedra Branca

O balanço hídrico tem como base avaliar a disponibilidade hídrica de uma região, e saber a quantidade de água no solo que é relevante para auxiliar nas ações de planejamento e manejo. Portanto, o Maciço da Pedra Branca, apresenta uma grande variabilidade na sua disponibilidade e deficiência hídrica, e essa relação pode ser observada em suas vertentes. Localizar as áreas com maior excedente hídrico pode subsidiar a organização da agricultura familiar que está presente antes mesmo da época de criação do PEPB. Ao mesmo tempo pode garantir a preservação e a ampliação dos reflorestamentos nas vertentes com déficit hídrico. Além de possibilitar inferir quais são os efeitos quantitativos e qualitativos das áreas com deficiência hídrica.

No mapa 23 mostra a distribuição do excedente hídrico anual, com variação entre 0 e 750 mm. Os maiores excedentes são encontrados no pico do maciço, sendo uma região mais úmida, com variações entre 450 e 750 mm, os resultados refletem a baixa evapotranspiração que ocorre o que possibilita maior armazenamento de água no solo. Percebe-se que à medida que se estabelece um distanciamento do pico para as cotas altimétricas mais baixas, próximas a zona de amortecimento de todas as vertentes, os milímetros de excedente hídrico diminuem.

A escala entre 300 e 450 mm são encontradas em partes da vertente leste. Entre 150 e 300 mm encontram-se nas áreas próximas ao bairro de Camorim, parte de Bangu, na Serra da Grota Funda, em grande extensão das vertentes leste e norte, na vertente oeste podem ser encontrados acima da cota de 300 metros.

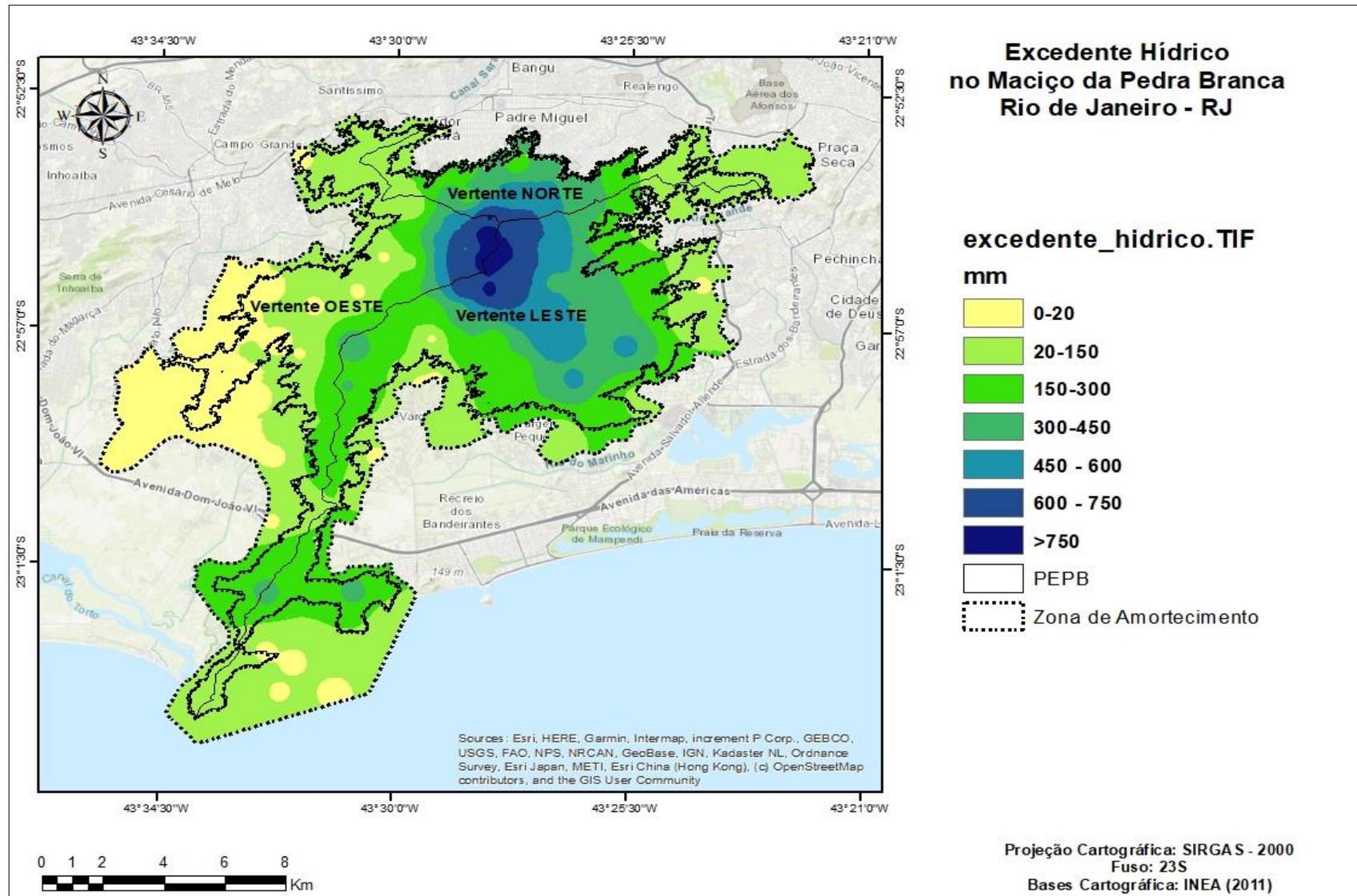
Os valores correspondentes a 20 e 150 mm podem ser identificados entre os bairros de Campo Grande, Barra de Guaratiba, Vargem Grande e Jardim Sulacap, sendo a segunda escala inferior em relação ao excedente hídrico. As áreas com menor excedente hídrico, entre 0 e 20 mm, estão localizadas em toda a extensão nas proximidades ao bairro de Guaratiba. Alguns pequenos pontos que apresentaram excedentes inferiores a 20 mm, podem ser constatados na praia do Grumari.

O déficit hídrico (Mapa 24) indica a baixa disponibilidade de água no solo, a região que apresenta maior deficiência corresponde a Guaratiba, com valores acima de 320mm, que resultam da grande evapotranspiração potencial que derivam das menores médias de precipitação e temperaturas elevadas, e estão espacializadas em parte dessa região as variações entre 260 e 320mm.

A segunda área com maior déficit hídrico corresponde as menores cotas altimétricas, entre 100 e 300 metros, no bairro de Campo Grande, que possui valores entre 140 e 260 mm. Na parte da extensão da zona de amortecimento que margeia o PEPB, encontram-se valores entre 80 e 140 mm.

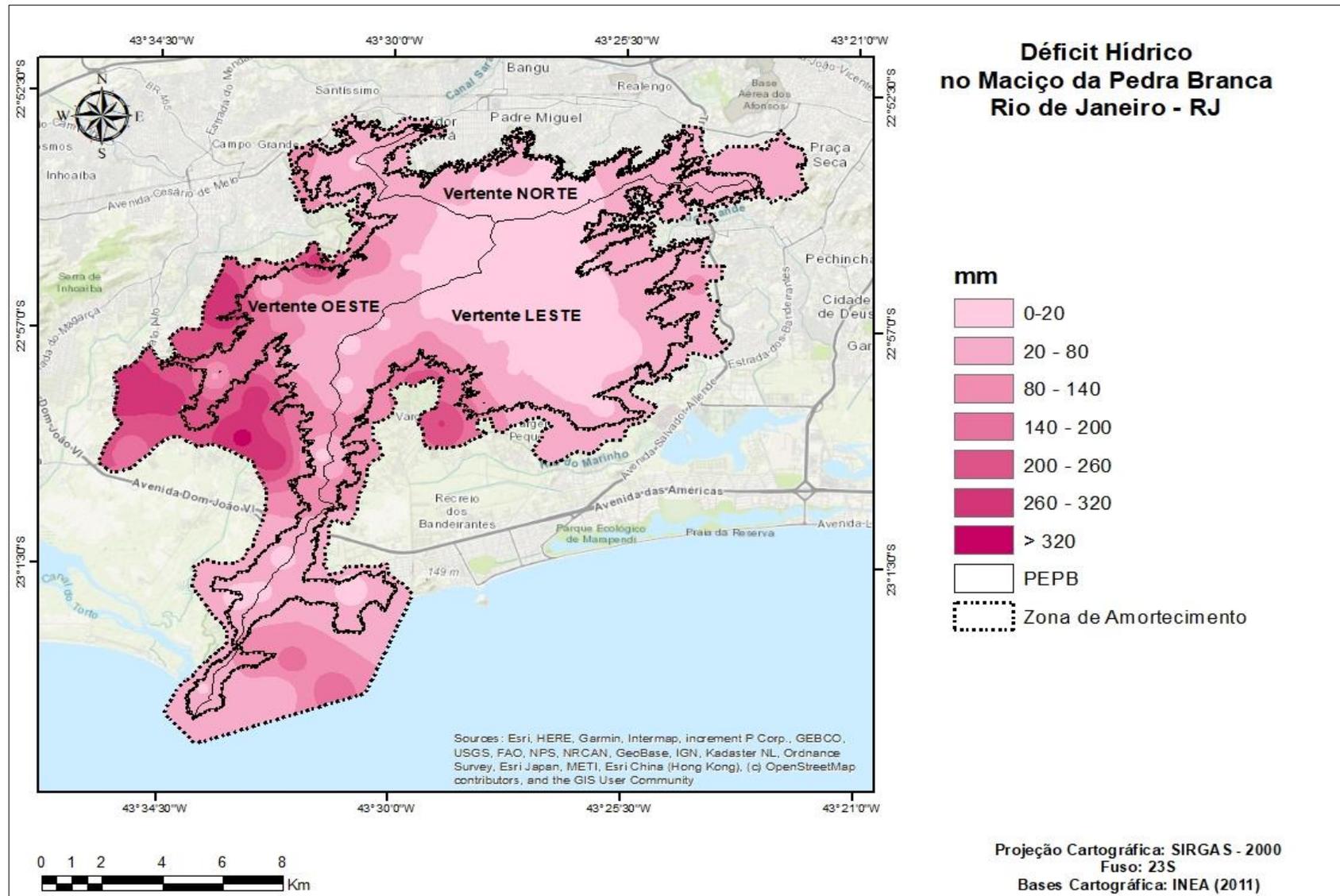
As menores deficiências hídricas anuais estão delimitadas do pico do maciço seguindo em direção a vertente leste e em parte da vertente norte, com valores entre 0 e 20 mm.

Mapa 23- Excedente Hídrico no maciço da Pedra Branca- RJ e Zona de Amortecimento



Fonte: Balanço Hídrico de Rolim et al. , 1998.

Mapa 24- Déficit Hídrico no maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento



Fonte: Balanço Hídrico de Rolim, et al. , 1998.

4.1.3.1 Evapotranspiração Potencial (ETP) – Quantidade de meses secos nas vertentes do maciço da Pedra Branca

O estabelecimento da distribuição espacial dos meses secos é um dos parâmetros na delimitação dos subdomínios, conforme já explicitado por Novais (2018, 2019). Os elementos que determinam os valores da ETP são a temperatura e a precipitação, e possuem relação com a altitude, pois quanto maior a altitude menor será a ETP.

A diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial estabelece os meses secos, se a diferença for negativa o mês é considerado seco, conforme foi observado a partir dos dados inseridos na planilha de balanço hídrico elaborado por Rolim et al. (1998), que possibilitou identificar os meses secos de cada ponto.

De acordo com Novais (2019) a definição dos subdomínios está de acordo com a quantidade de meses secos: subdomínio úmido (de 0 a 3 meses secos); subdomínio semiúmido (de 4 a 5 meses secos); subdomínio semisseco (6 a 7 meses secos); e subdomínio seco (8 a 11 meses secos).

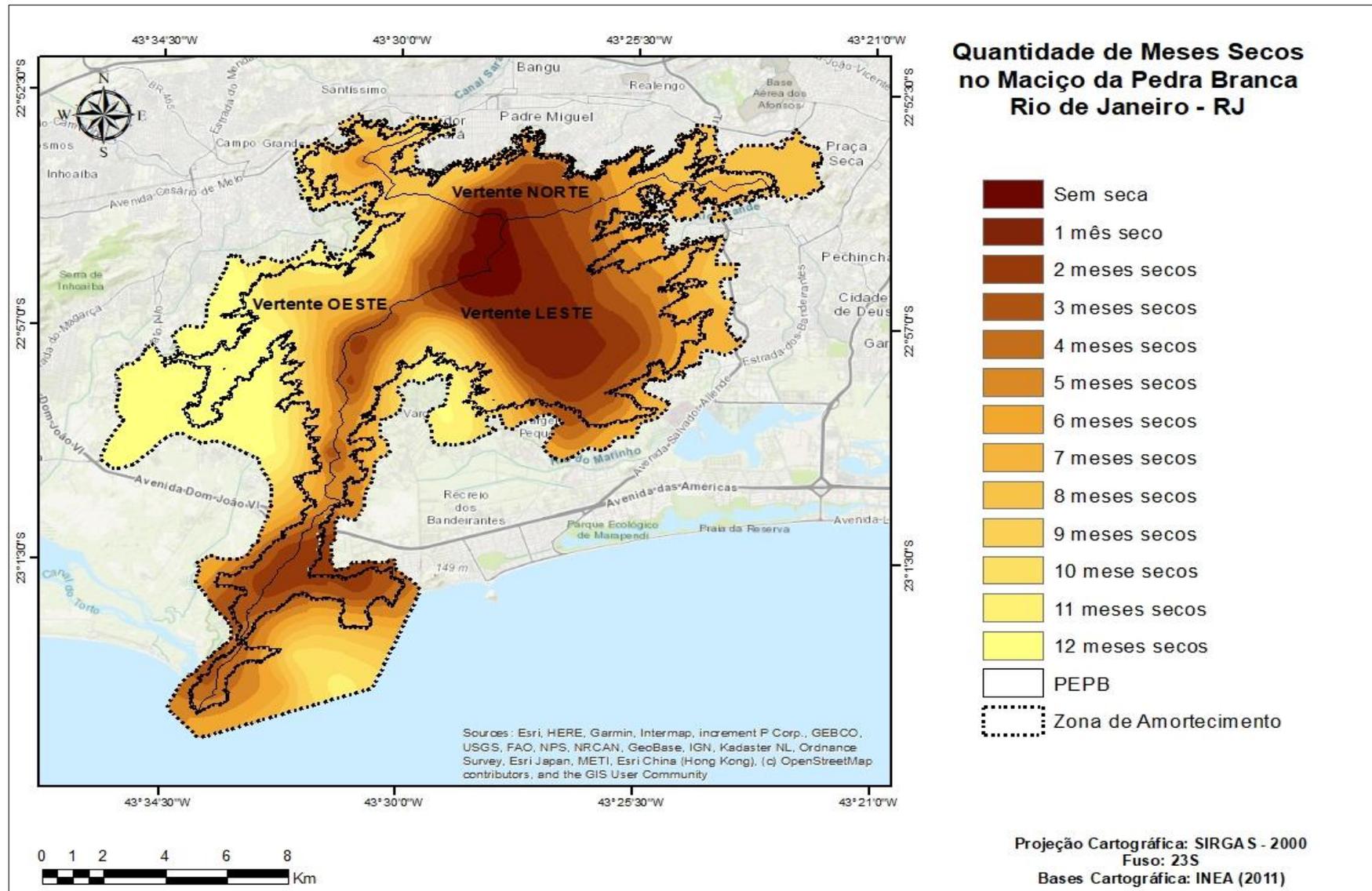
No Mapa 25, próximo ao pico do maciço nota-se a ausência de meses secos, sendo o único ponto que apresenta essa condição, posteriormente, nas proximidades entre as cotas 900 metros e 800 metros, temos áreas com um mês seco. A partir da cota 700 até 400 metros, verifica-se a presença de três a quatro meses secos. Os subdomínios úmidos e semiúmidos estão presentes nas maiores cotas altimétricas, nas vertentes leste e norte, apenas na extensão entre os bairros de Bangu e Realengo. Contudo, encontram-se algumas manchas que correspondem a 3 meses secos em partes da Grota Funda.

Na extensão que inclui a zona de amortecimento no entorno da vertente leste e norte, identificam-se em torno de 4 a 7 meses secos, configurando-se os subdomínios semiúmidos e semisseco.

O subdomínio seco de 8 a 11 meses, podem ser encontrados na parte onde localiza-se o bairro de Vargem Grande que demonstra uma condição diferenciada dos demais bairros na vertente leste, com 11 meses secos, e em parte da praia de Grumari temos entre 9 e 11 meses secos. Nas áreas próximas ao bairro de Campo Grande notam-se de 8 a 11 meses secos.

Com 12 meses secos a vertente oeste, nas proximidades com o bairro de Guaratiba, destaca-se pelo domínio semiárido, que não apresenta subdomínios, sendo, portanto, a localidade mais seca dentro do maciço.

Mapa 25- Quantidade de meses secos do Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento



Fonte: Balanço Hídrico de Rolim et al., 1998.

4.2 Classificação das Unidades Climáticas para o Maciço da Pedra Branca – Baseada na metodologia de Novais (2019)

4.2.1 Zonas Climáticas e Clima Zonal nas vertentes do Maciço da Pedra Branca

A trajetória aparente do sol depende do local do observador, assim a altura do sol sob o termo de zênite determina o seu ponto máximo nas diversas superfícies e latitudes da terra.

Desse modo, nas delimitações das zonas climáticas e no clima zonal da terra, este por sua vez estará relacionado com o ângulo que sol faz a zênite local, que irá afetar na quantidade de radiação recebida. Na região equatorial a insolação é presente durante quase todos os anos e o sol passa pelo zênite duas vezes no ano. Nos trópicos o sol passa pelo zênite uma vez ao ano, e conforme se aproxima das maiores latitudes, as polares, a inclinação da terra, os raios solares atingem perpendicularmente, reduzindo assim a quantidade de radiação.

Quando o sol está a pino (no zênite 90°) a área sobre a qual a radiação se espalha passa a ser mínima e a insolação alcança a sua amplitude máxima. Dessa forma, quanto maior é a inclinação dos raios solares, maior é a área sobre a qual a energia se espalha e menor é a insolação.

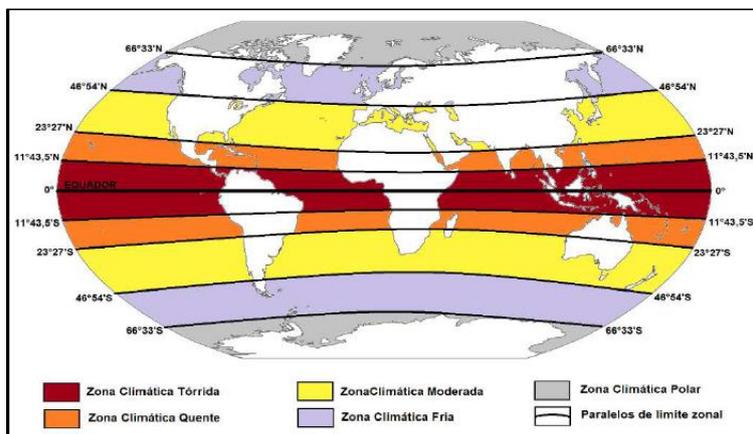
No Trópico de Capricórnio na latitude $23^\circ 27'S$ nos dias 21 e 22 de dezembro, a ocorrência do solstício de verão resulta na concentração máxima de energia solar, no hemisfério sul, durante esse período do ano o sol passa pelo zênite.

Assim, Novais (2017) estabeleceu as zonas climáticas para o globo terrestre (Figura 32), considerando as latitudes e a posição da altura do sol, definindo as zonas como: Tórrida, Quente, Moderado, Frio e Polar, tanto para o sul quanto para o norte. No território brasileiro temos a delimitação três zonas: a Tórrida, a Quente e a Moderada.

A partir da escala macroclimática, e a latitude onde encontra-se o município do Rio de Janeiro, na latitude $22^\circ 54'$, a delimitação é a *zona climática quente*, que possui a extensão de $11^\circ 43' 30''$ até os $23^\circ 27'$, como já mencionado nessa zona o sol tem a zênite no solstício de verão, ou seja, o sol fica a pino uma vez ao ano, a distância

máxima da zênite é de 46°54''. Portanto, dentro da primeira hierarquia da classificação climática, o maciço da Pedra Branca está na zona climática quente.

Figura 32 - Zona climáticas da terra segundo Novais.

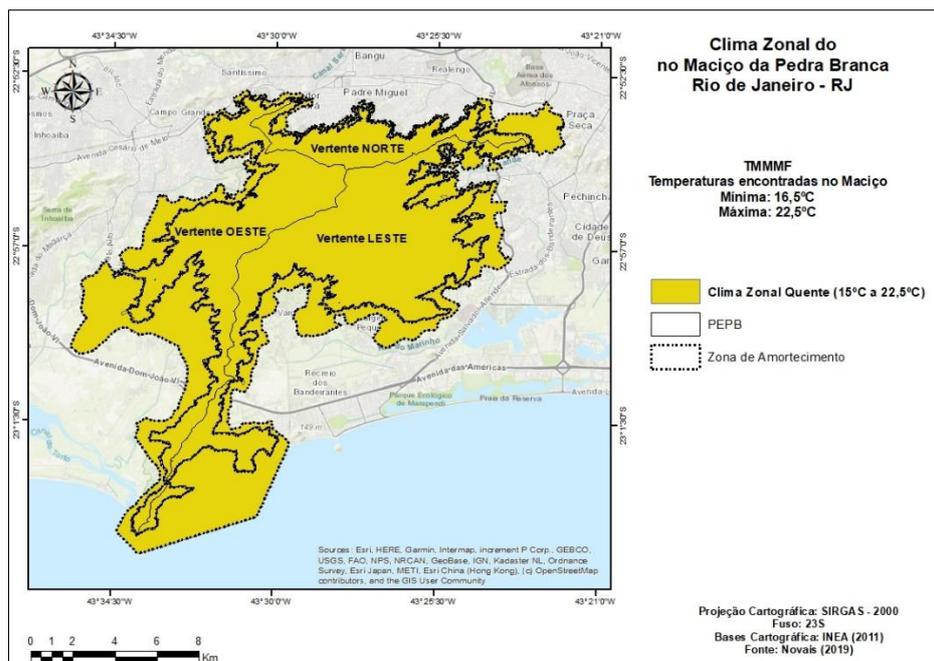


Fonte: NOVAIS (2019, p. 70).

Seguindo a ordem das hierarquias climáticas, o clima zonal está na primeira etapa, que tem como principal parâmetro a TMMM. Novais (2018,2019) identificou três climas zonais no Brasil, o *Tórrido*, o *Quente* e o *Moderado*. As escalas de temperatura variam de: acima de 22,5 °C para o Tórrido; 15°C a 22,5°C para o Quente; e 0°C a 15°C para o Moderado.

Na Figura 31 nota-se que todo o maciço possui apenas o *clima zonal quente*, a TMMM está presente no mês de julho, sendo esse o mais frio, cujas médias encontradas no maciço tem uma variação de 16,5°C a 22,5°C.

Mapa 26- Clima Zonal do Maciço da Pedra Branca e na zona de amortecimento- RJ



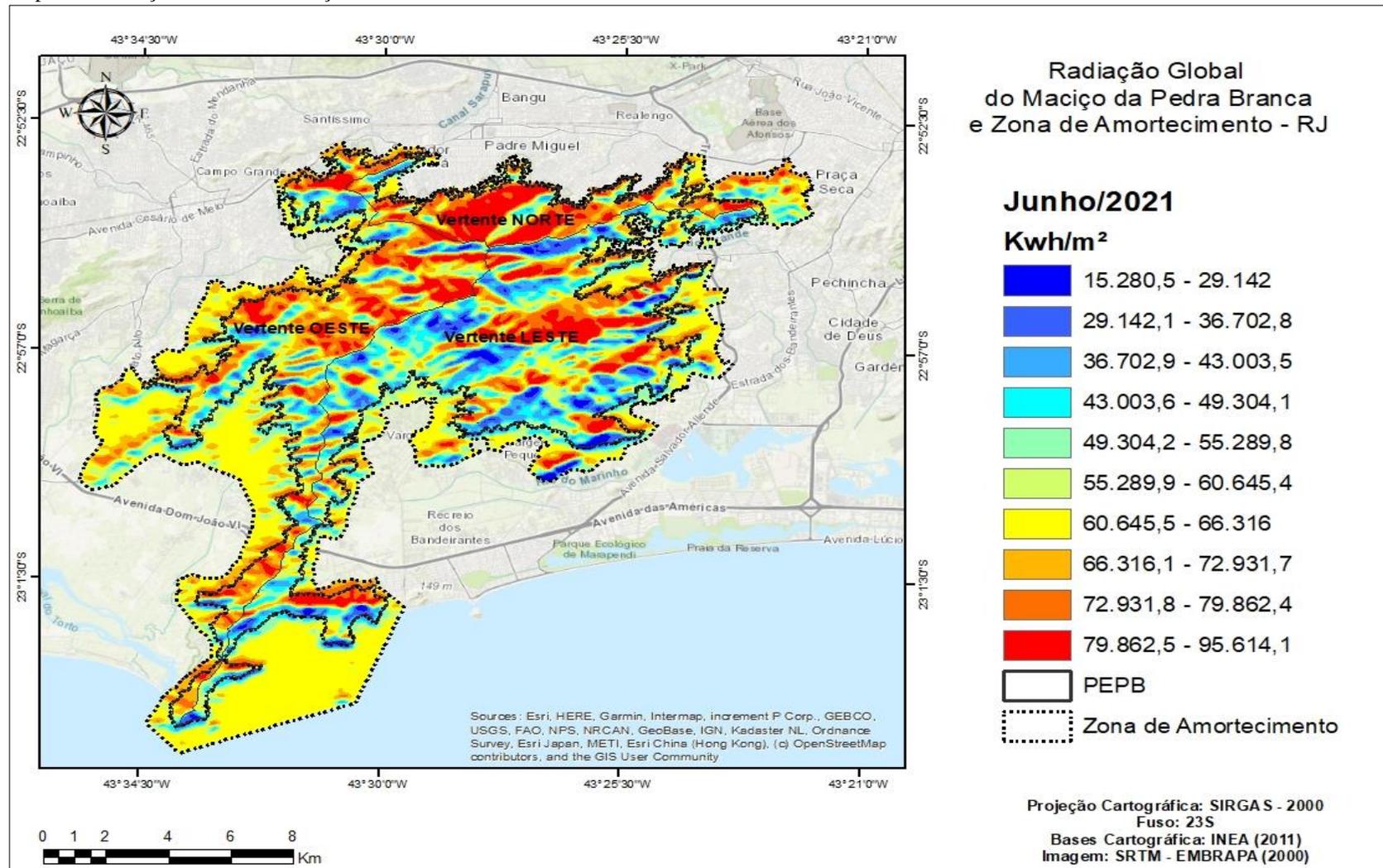
Fonte: NOVAIS, 2019. Elaboração: A Autora (2022)

Além da posição do sol a recepção da quantidade de radiação sobre a superfície contribui em vários elementos e fatores a temperatura, a umidade e o desenvolvimento das espécies vegetais. Conforme menciona Wojkowski e Caputa (2016), a variação de um relevo irá refletir nas diversas incidências de radiação. A quantidade de energia, a irradiância, tem como unidade de medida Kwh/m².

Nos Mapas 27 e 28 observam-se a distribuição das medidas de radiação global, que é resultante da soma das radiações direta e difusa, sobre a superfície do maciço durante o mês de junho e no mês de dezembro, meses em que ocorrem os solstícios de inverno e verão.

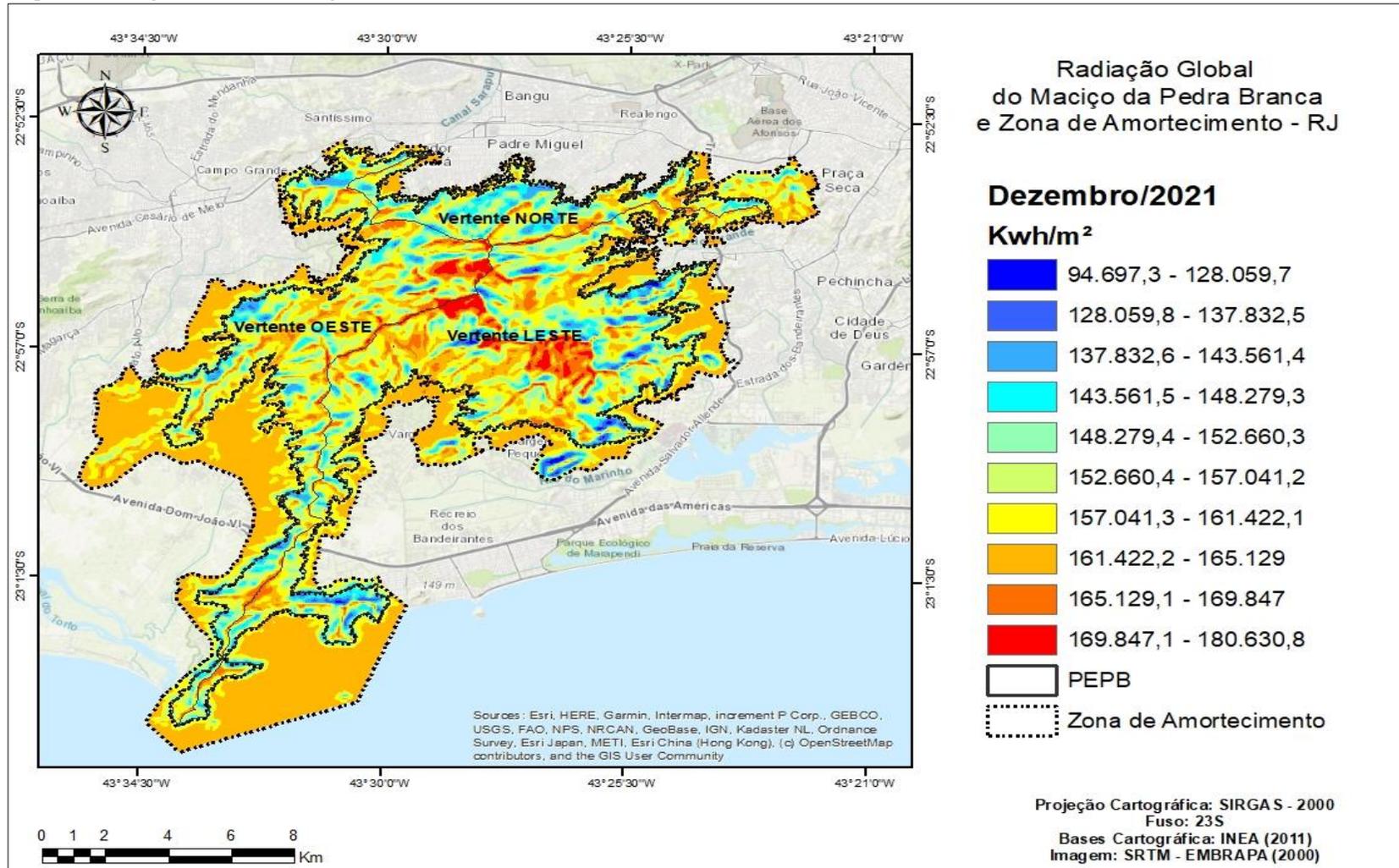
Os valores especializados no mês de junho mostraram variações entre 15.280,5 a 95.614,1 Kwh/m². As maiores escalas de irradiância são encontradas na vertente norte, entre 79.862,5 Kwh/m² e 95.614,1 Kwh/m², seguida vertente oeste. Em termos de quantidade, observa-se que a vertente leste recebe menor irradiância. No mês de dezembro, os valores encontrados correspondem a 94.697,3 Kwh/m² e 180.630,8 Kwh/m², nota-se maior quantidade, entre 165.129,1 e 180.630,8 Kwh/m² no pico do maciço e nas maiores cotas altimétricas da vertente leste. Em contrapartida, a vertente norte, demonstra menos irradiância no mês de dezembro, com valores entre 143.561,5 a 148.279,3 Kwh/m².

Mapa 27- Radiação Global no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento – RJ em Junho de 2021



Fonte: SRTM, EMBRAPA, 2009.

Mapa 28- Radiação Global no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento – RJ em Dezembro de 2021



Fonte: SRTM, EMBRAPA, 2009.

4.2.2 Domínios, subdomínios, tipos e subtipos climáticos

A classificação climática de Novais (2019) possui como etapas a elaboração das unidades até sétima hierarquia (Zonas Climáticas; Clima Zonal; Domínios; Subdomínios; Tipos; Subtipos; Mesoclima; e o Topoclima). Contudo, a ausência de estações meteorológicas no interior e na zona de amortecimento do maciço, impossibilitou que a classificação pudesse prosseguir até a 7ª. (sétima) e a 8ª. (oitava) hierarquias. Como a única fonte de dados para temperatura e precipitação foram obtidas a partir do algoritmo CHELSA, só foi possível prosseguir até a 6ª (sexta) hierarquia, delimitando-se a área de estudo em: *zona climática; clima zonal; domínios; subdomínios; tipo; e subtipos.*

Os domínios (Mapa 29) encontrados no maciço da Pedra Branca e a sua zona de amortecimento foram o tropical, o tropical ameno e o semiárido. Os dois primeiros são definidos pela TMMMF e o último pela ETP.

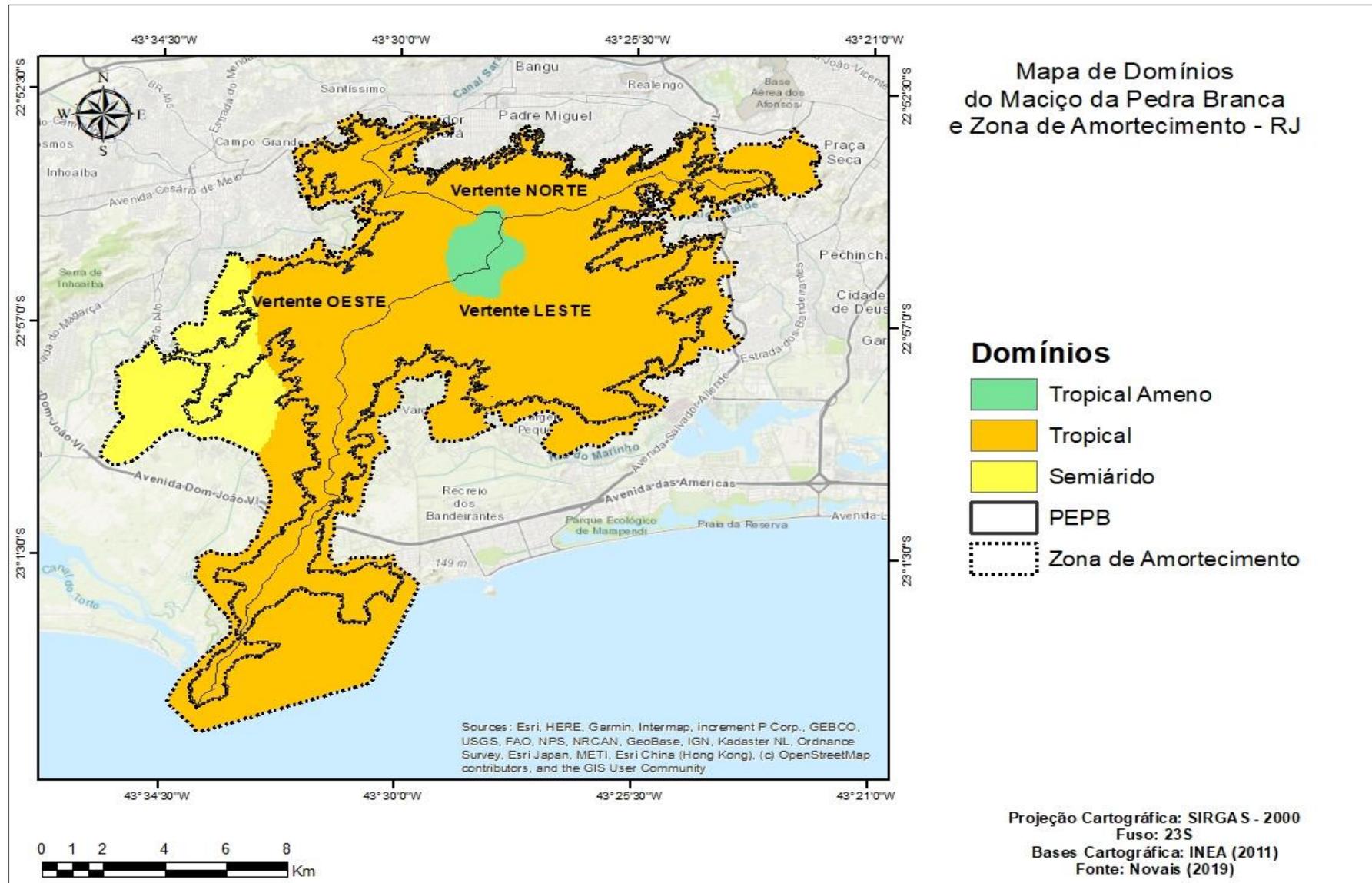
O domínio tropical ameno localiza-se apenas no pico do maciço, nas cotas altimétricas acima de 800 metros, e predomínio de serras escarpadas, com os menores valores da TMMMF, que estão entre 16,5°C a 17,4°C. Na classificação climática de Köppen, conforme já apresentado para o Estado do Rio de Janeiro, a mesma área faz parte do clima Cfb, o subtropical oceânico, que é temperado ou temperado quente, com ausência de estação seca e temperaturas médias do mês mais quente abaixo de 22°C.

O domínio tropical estende-se pela maior porção do maciço, a sua determinação a partir da TMMMF está relacionada com temperaturas acima de 18°C, na maior parte da área encontram-se as unidades geomorfológicas de serras escarpadas e serras isoladas, com morros e planícies fluviais e flúvio-marinhas. Os valores encontrados no mês de julho tiveram uma variação de 18°C a 21,4°C. Na escala climática de Köppen esse é o clima Aw (Tropical de Savana), com estação seca e chuvosa.

O domínio semiárido não é definido a partir da TMMMF, mas sim da ETP e com a quantidade de meses secos, portanto regiões que apresentam no balanço hídrico 12 meses secos, já são consideradas áridas ou semiáridas. A média pluviométrica anual é o segundo parâmetro, assim, se a região possui a pluviosidade acima de 500 mm, o domínio é o semiárido, e abaixo de 500 mm será o árido. A extensão que corresponde a vertente oeste, nas proximidades do bairro de Guaratiba, que apresentou seis pontos

(20,43,44,45,50 e 66), conforme pode ser observado na **Figura 28, da página 136**, com registro de 12 meses secos, e como a média de precipitações está acima de 500 mm, o domínio estabelecido foi o semiárido.

Mapa 29- Delimitação dos domínios climáticos do Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Fonte: NOVAIS, 2019. Elaboração: A Autora, 2022

Na quarta hierarquia foram considerados os subdomínios que são determinados pela quantidade de meses secos, ou seja, a diferença entre a média de precipitação e a ETP mensal. Quando a ETP excede a precipitação significa que temos menos disponibilidade hídrica na área. Novais (2019) destaca que a opção por este método é mais didático e possibilita o melhor entendimento.

No Mapa 30 a delimitação dos subdomínios no maciço e zona de amortecimento inicia com o *subdomínio úmido*, que corresponde de 0 a 3 meses secos, que aparece nas maiores cotas altimétricas, acima de 600 metros. Nessa região as temperaturas mais baixas e a maior pluviosidade fazem com que a ETP apresente menores valores, e consequentemente o mês é considerado úmido. A principal relação que explica tais resultados está ancorada na altimetria, conforme já mencionado quanto maior a altitude menor será a ETP.

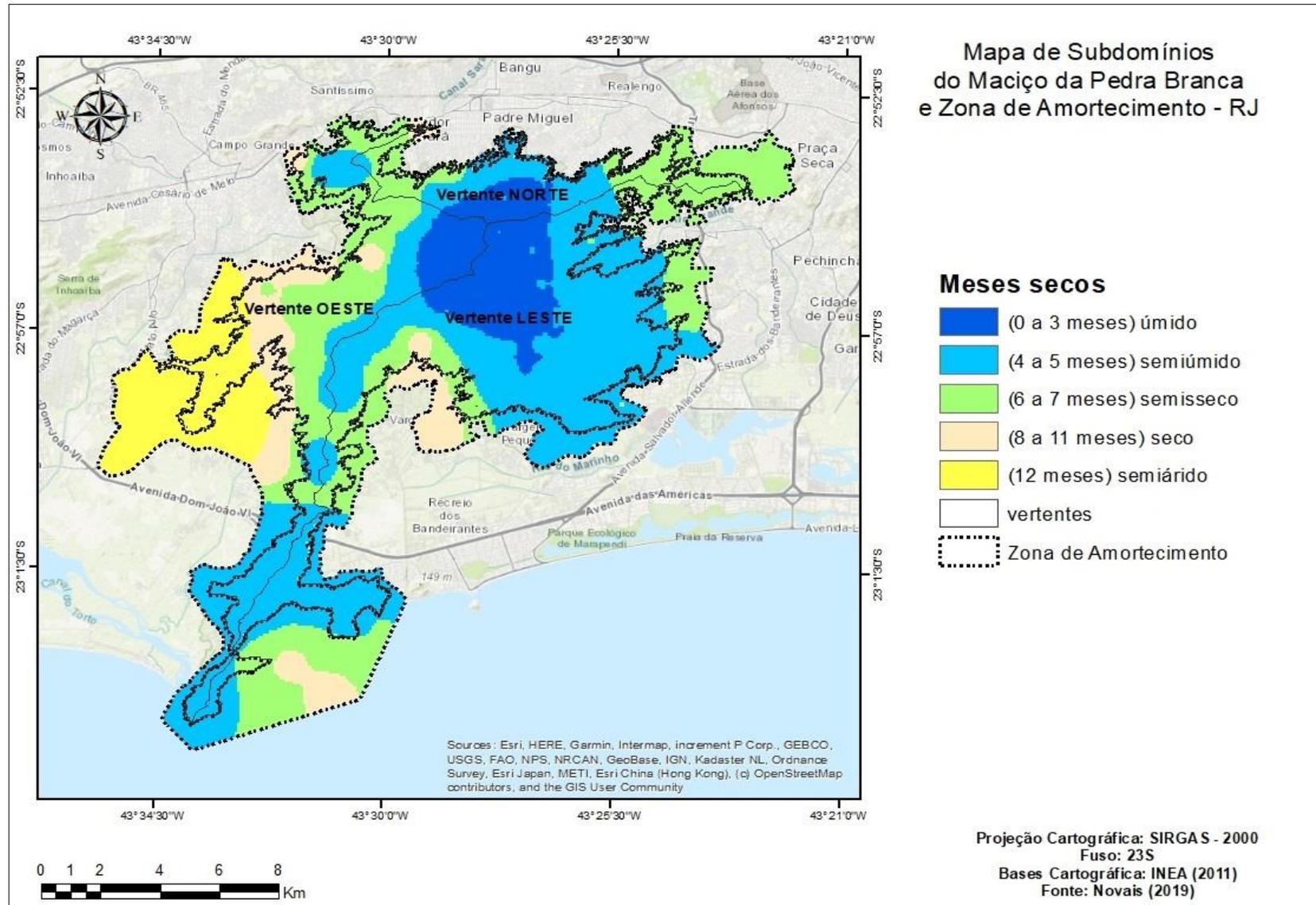
O *subdomínio semiúmido* com 4 a 5 meses secos localiza-se na maior porção da vertente leste e em parte da vertente norte, próximo ao bairro de Bangu. Identificam-se algumas áreas com esse subdomínio na Serra da Grota Funda, e em áreas isoladas próximo ao bairro de Senador Augusto Vasconcelos, que fica próximo a vertente oeste.

O *subdomínio semisseco* que varia de 6 a 7 meses secos, podem ser encontrados nas cotas altimétricas entre 500 e 300 metros na vertente oeste. E, na maior parte da zona de amortecimento.

Como quarta classificação o *subdomínio seco* que possui de 8 a 11 meses secos, está mais concentrado na vertente oeste, nas áreas que correspondem aos bairros de Campo Grande até o início de Guaratiba. Contudo, notam-se algumas áreas localizadas na praia de Grumari e próximo ao bairro de Vargem Grande, que diferente da maior parte da vertente leste, apresentou áreas que superam os 8 meses secos.

O valor de 12 meses secos, conforme está destacado no mapa, não possui subdomínio e permanece como o domínio semiárido, e estende-se por grande parte da vertente próxima ao bairro de Guaratiba.

Mapa 30- Mapa Subdomínios do maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Fonte: NOVAIS, 2019. Elaboração: A Autora, 2022.

Na quinta hierarquia o tipo climático é somente um para todo o maciço, o *Litorâneo Sul do Brasil*, que abrange a maior parte da faixa litorânea tropical e subtropical do país.

Na sexta hierarquia e fechando a delimitação das unidades climáticas encontram-se os subtipos, que considera além dos fatores como a TMMMF e ETP, as unidades geomorfológicas encontradas no maciço, de acordo com a classificação do IBGE, que abrangem: as colinas e morros da depressão da Guanabara, os maciços costeiros fluminenses, a planícies litorâneas e as planícies e terraços fluviais, conforme observa-se no **Mapa 2, da pág. 83** No Quadro 9 observa-se a siglas e as descrições dos subtipos encontrados no maciço.

Quadro 9- Descrição do tipo e subtipos climáticos no maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento (continua)

Tipo	Subtipos	Descrição dos subtipos
Litorâneo Sul do Brasil	Tr''osb	Tropical Úmido Litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses
	Tr'osb1	Tropical Semiúmido Litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses
	Tr'osb2	Tropical Semiúmido Litorâneo Sul do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais
	Tr*osb1	Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara
	Tr*osb2	Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses

Quadro 9- Descrição do tipo e subtipos climáticos no maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento (conclusão)

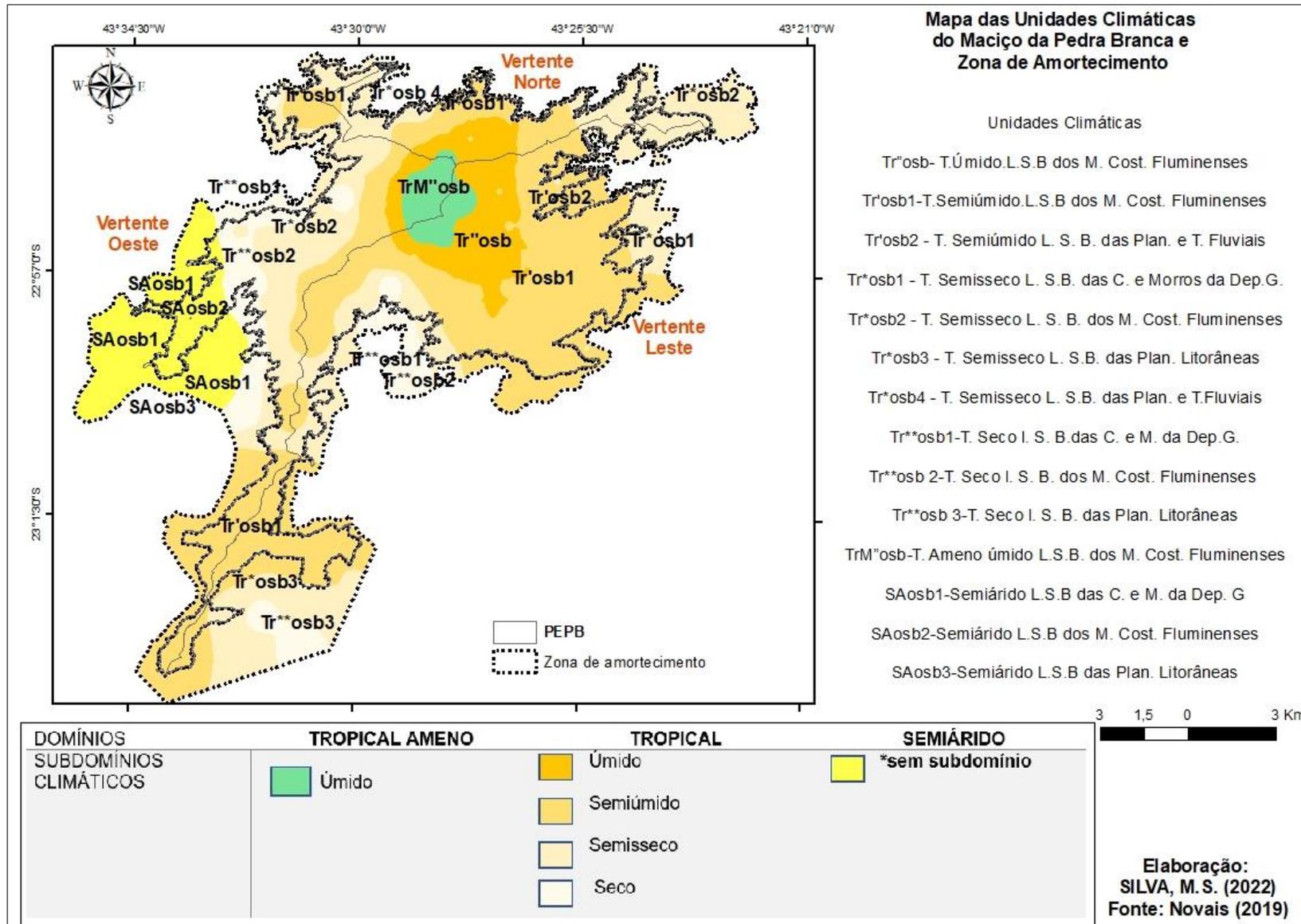
	Tr*osb3	Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil das Planícies Litorâneas
	Tr*osb4	Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil das Planícies e Terraços Fluviais
	Tr**osb1	Tropical seco litorâneo Sul do Brasil das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara
	Tr**osb2	Tropical seco litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses
	Tr**osb3	Tropical seco litorâneo Sul do Brasil das Planícies Litorâneas
	TrM'osb	Tropical Ameno úmido Litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses
	SAosb1	Semiárido Litorâneo Sul do Brasil das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara
	SAosb2	Semiárido Litorâneo Sul do Brasil dos Maciços Costeiros Fluminenses
	SAosb3	Semiárido Litorâneo Sul do Brasil das Planícies Litorâneas

Organização: A Autora, 2022

4.2.3 Mapa das unidades climáticas para o Maciço da Pedra Branca

A partir da sobreposição dos Domínios, Subdomínios, Tipo e Subtipos foi estabelecido o *mapeamento das unidades climáticas*, conforme pode ser observado no Mapa 31.

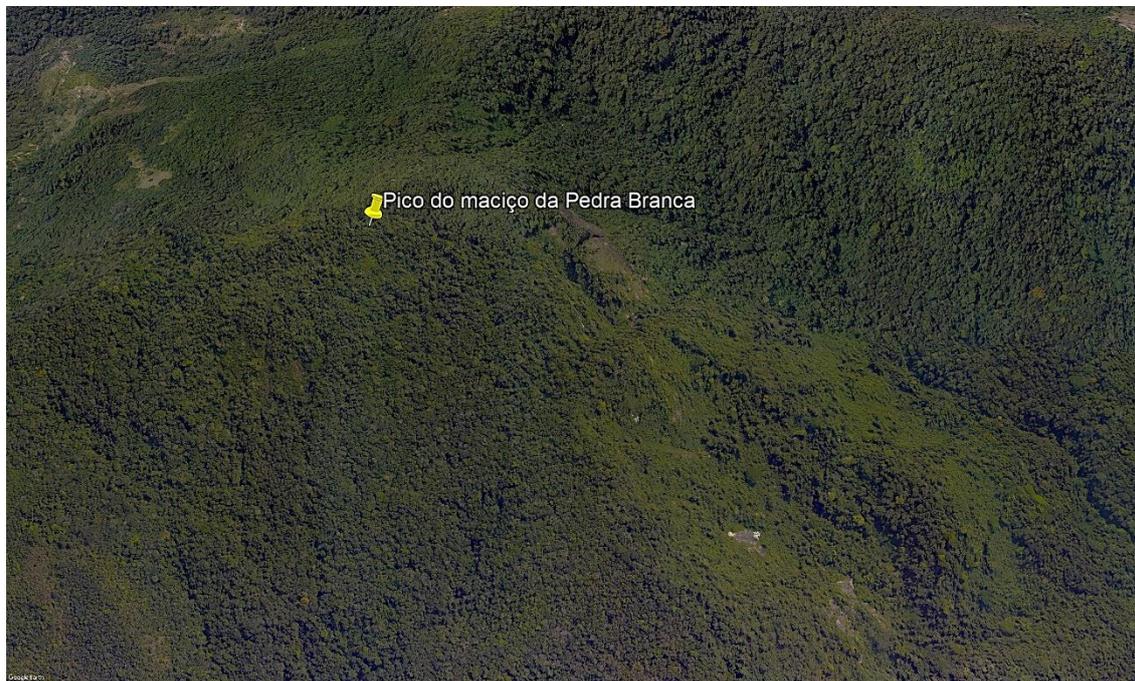
Mapa 31- Mapa das Unidades Climáticas do Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Fonte: NOVAIS, 2019. Organização: A Autora, 2022.

O *Domínio Tropical Ameno com subdomínio úmido* na cor verde claro, e com o subtipo *Tropical Ameno úmido Litorâneo do Brasil (TrM''osb)* dos Maciços Costeiros Fluminenses, está presente apenas no pico do maciço, nas cotas altimétricas acima de 800 metros, com uma TMMMF que varia de 16,5°C a 17,8°C, e precipitação média anual entre 1630 mm a 1765 mm. Os aspectos da vegetação incluem grande parte da vegetação de porte arbóreo, classificada como Ombrófila Densa de acordo com o mapeamento do IPP (2018), podendo ter diversos estágios sucessionais, contudo observa-se mais estágios de médio a avançado, uma vez que esta área específica do maciço sofre menos com a influência antrópica, na Figura 33 encontra-se uma imagem na área próxima ao pico do maciço, e a Figura 34 o seu Pico, e na Figura 35 os aspectos da vegetação.

Figura 33- Imagem Google Earth do Pico do Maciço da Pedra Branca



Fonte: Google Earth, 2022

Figura 34.- Marco Geodésico no Pico (1025m de altitude) do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: INEA, 2013.

Figura 35- Aspectos da vegetação próximo ao Pico do Maciço da Pedra Branca – RJ



Fonte: INEA, 2013.

O *Domínio Tropical com subdomínio Úmido* representado pela cor laranja, com o subtipo *Tropical úmido Litorâneo Sul do Brasil* (Tr^{osb}) dos Maciços Costeiros Fluminenses, localiza-se nas cotas altimétricas entre 800 e 600 metros, com uma TMMM^F entre 18,2°C e 19,6°C e pluviosidade média anual de 1446 a 1761 mm. Com

vegetação ombrófila densa e pequenas áreas com vegetação gramíneo lenhosa, e suas principais características fisiográficas são semelhantes às encontradas no pico do maciço.

O *Domínio Tropical com subdomínio Semiúmido*, na cor laranja claro, com os subtipos: Tropical Semiúmido Litorâneo do Brasil (Tr'osb1) dos Maciços Costeiros Fluminenses; e o Tropical Semiúmido das Planícies e Terraços Fluviais (Tr'osb2). O tipo Tr'osb1 pode ser encontrado na maior porção da vertente leste e em parte da vertente norte nas proximidades do bairro de Bangu. Enquanto o Tr'osb2 em uma pequena área entre Camorim e Jacarepaguá. Com valores da TMMMF que variam de 18,4°C a 20,8°C com precipitações anuais em torno de 1260 a 1608 mm. Em todo o maciço, a vertente leste ainda é a mais preservada, com a presença de vegetação ombrófila densa, em diferente estágios, e com gramíneo lenhosa em algumas partes. Embora, em menor extensão, possui atividades agrícolas. Nas Figuras 36 e 37 observam-se os seus principais aspectos, com características da vegetação em Pau da Fome e o Açude do Camorim.

O *Domínio Tropical com subdomínio Semisseco*, na cor laranja em tonalidade mais clara que os domínios citados anteriormente, com os subtipos *Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil*: das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara (Tr*osb1); dos Maciços Costeiros Fluminenses (Tr*osb 2); das Planícies Litorâneas (Tr*osb3); das Planícies e Terraços Fluviais (Tr*osb4), encontra-se na maior porção da vertente norte, dos bairros de Realengo a Jardim Sulacap, e nas proximidades do bairro da Taquara, notando-se também a sua presença nas imediações ao bairro de Senador Vasconcelos. Na vertente oeste faz transição com o Domínio Tropical Seco. Na Praia de Grumari (porção sul da vertente leste) verifica-se a transição entre o subdomínio semisseco e seco (Tr*osb3). A TMMMF possui uma variação entre 19,8°C e 20,5°C e as precipitações anuais ficam em torno de 1215 mm a 1428 mm. Em sua composição vegetacional nota-se uma maior degradação, com áreas agrícolas e de pastagem, a vegetação gramíneo-lenhosa prevalece em extensas áreas, com o predomínio da espécie Capim Colômbio, as ações de reflorestamento são constantes, contudo, boa parte acaba sendo perdida por conta das sucessivas queimadas durante o ano.

A Figura 38 demonstra a síntese dos principais aspectos verificados durante o trabalho de campo realizado no núcleo Piraquara do PEPB, e a trilha registrada no Wikiloc (Figura 39), no bairro de Realengo, no dia 28 de janeiro de 2022.

Figura 36- Aspectos da vegetação no núcleo Pau da Fome do PEPB



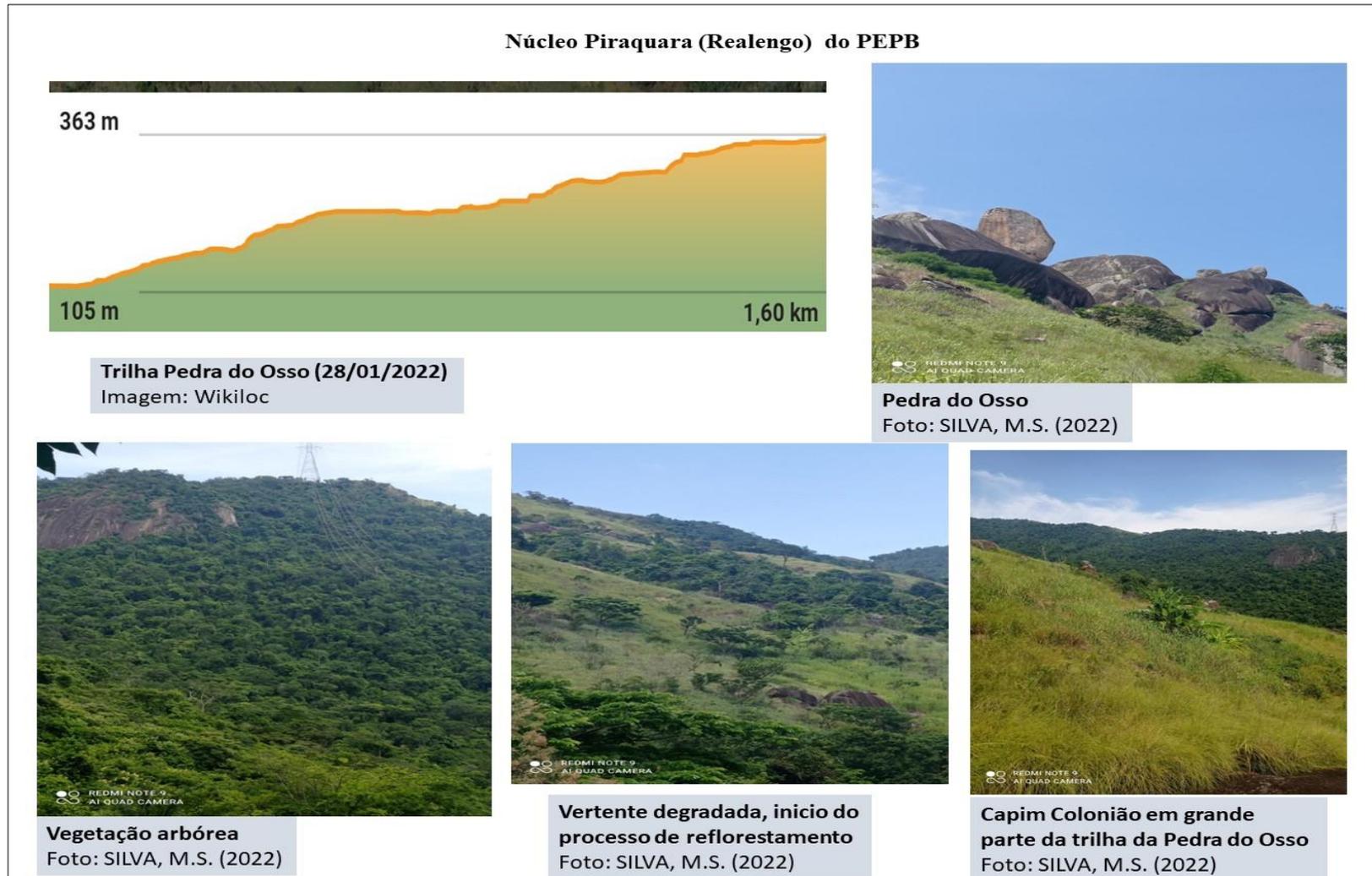
Fonte: PEREIRA, 2018.

Figura 37- Açude do Camorim no PEPB.



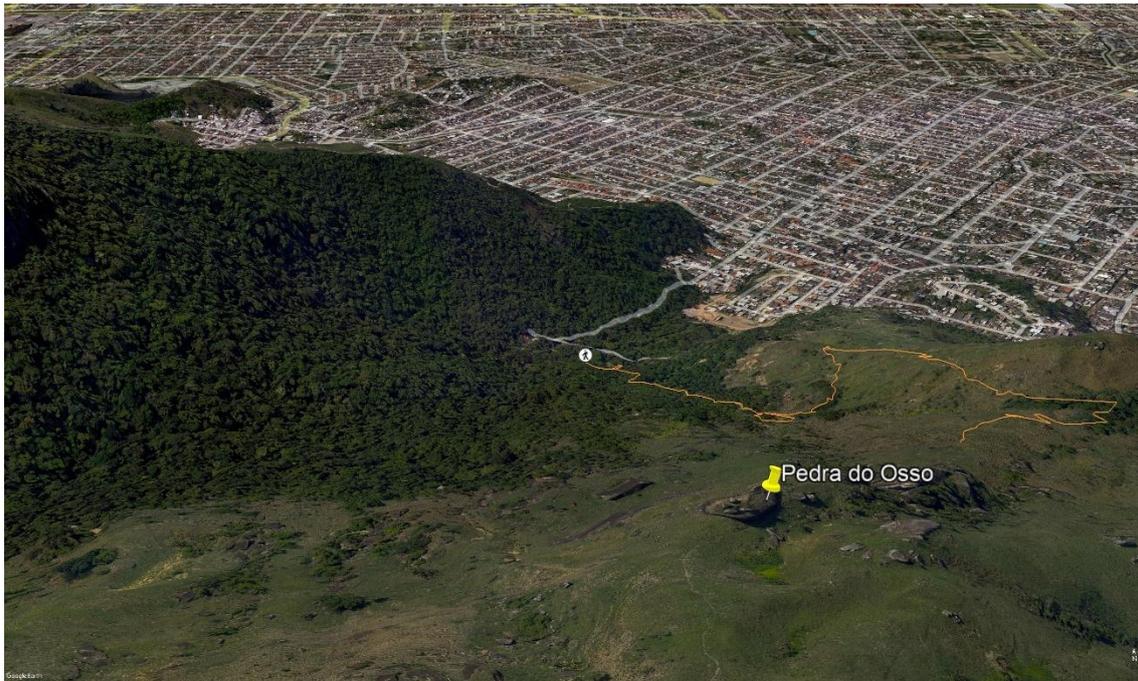
Fonte: INEA, 2013.

Figura 38- Fotos e perfil topográfico da Trilha Pedra do Osso Núcleo Piraquara (Realengo) do PEPB



Organização: A Autora, 2022

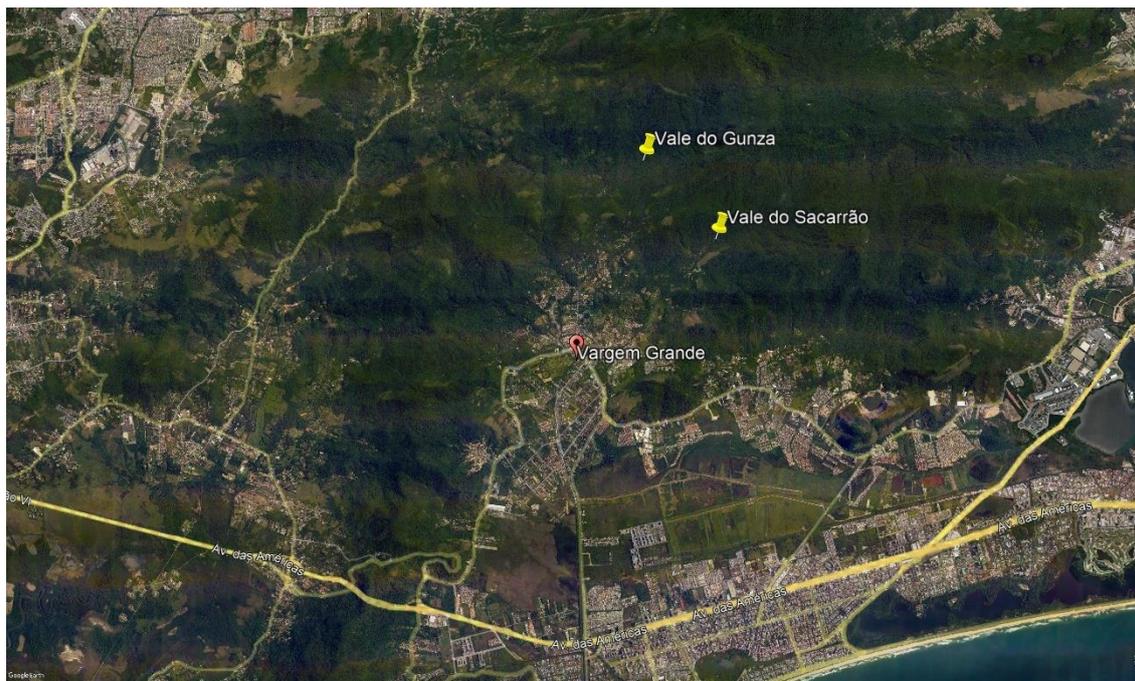
Figura 39- Trilha Pedra do Osso – Núcleo Piraquara



Fonte: Wikiloc e Google Earth, 2022.

O *Domínio Tropical com subdomínio Seco* com a coloração mais clara, próximo ao branco, com os subtipos *Tropical Seco Litorâneo Sul do Brasil*: das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara (Tr**osb1); dos Maciços Costeiros Fluminenses (Tr**osb2); e das Planícies Litorâneas (Tr**osb3), abrangem, em sua maior parte, a zona de amortecimento da vertente oeste, e está na faixa de transição com o Domínio Tropical com subdomínio Semisseco, nas cotas altimétricas abaixo de 400 metros, entre os bairros de Campo Grande e Guaratiba. Em Guaratiba estabelece a transição com o Domínio Semiárido, nota-se também a sua presença nas adjacências com o bairro de Vargem Grande, apesar de estar na vertente leste, que em sua maioria apresenta condições úmidas e semiúmidas. Esta peculiaridade em relação as condições climáticas na vertente deste bairro, pode estar relacionada com o tipo de vegetação em sua maioria arbórea não florestal e pela densidade de construções, conforme observa-se na Figura 40, na imagem extraída do Google Earth, é possível identificar alguns aspectos relacionados com as construções e a vegetação, além da formação geomorfológica com vales encaixados entre morros (Vales do Gunza e do Sacarrão).

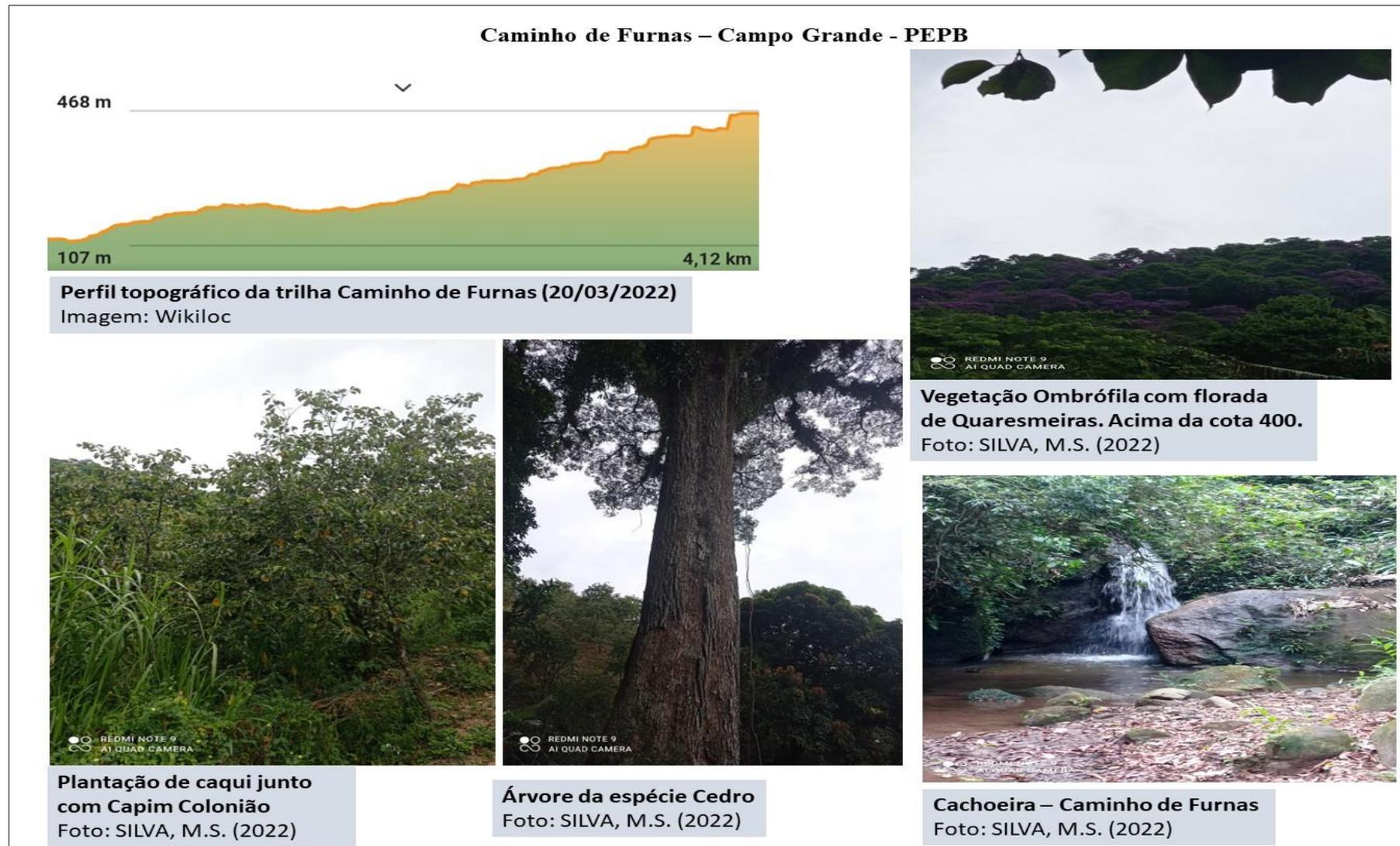
Figura 40- Imagem do Google Earth de Vargem Grande e zona de amortecimento do PEPB



Fonte: Google Earth (2022).

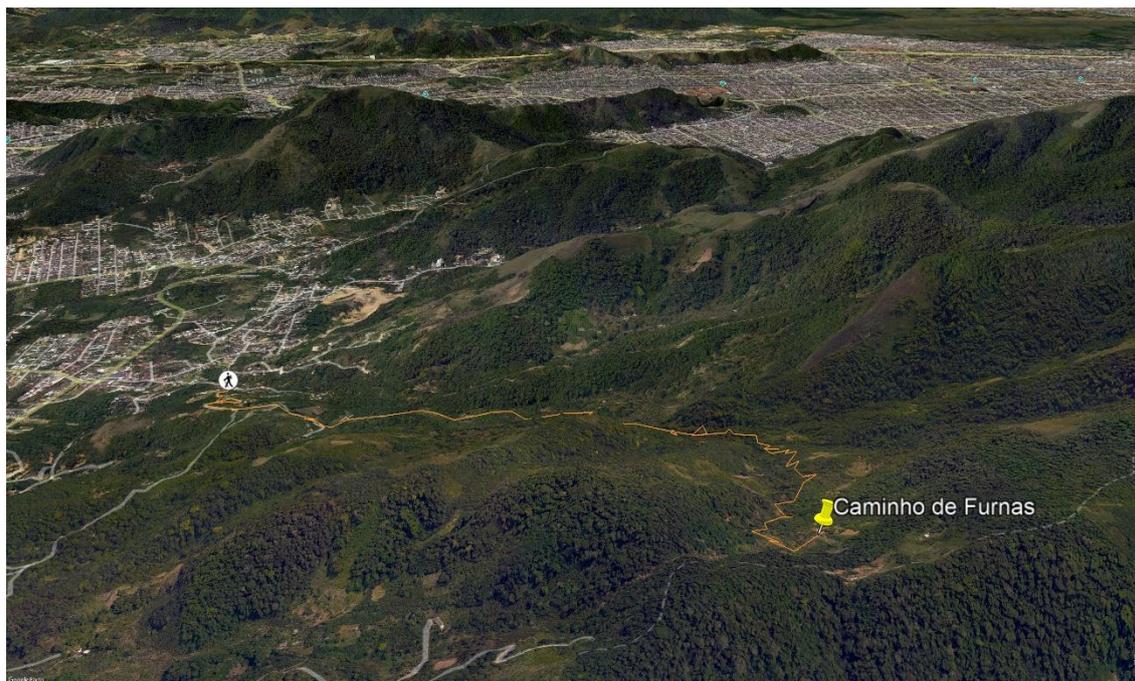
A TMMMF fica em torno de 20,6°C e 21,4°C e a pluviosidade média anual entre 1.073 mm e 1.216 mm. Dentre suas principais características na vegetação, predominam o uso agrícola vegetação gramíneo-lenhosa e algumas áreas com estratos de floresta ombrófila densa, conforme alguns registros realizados durante o trabalho de campo no Rio da Prata de Campo Grande, em 20 de março de 2022 (Figuras 41 e 42).

Figura 41- Fotos e perfil topográfico da Trilha Caminho de Furnas (Campo Grande) do PEPB



Organização: A Autora, 2022

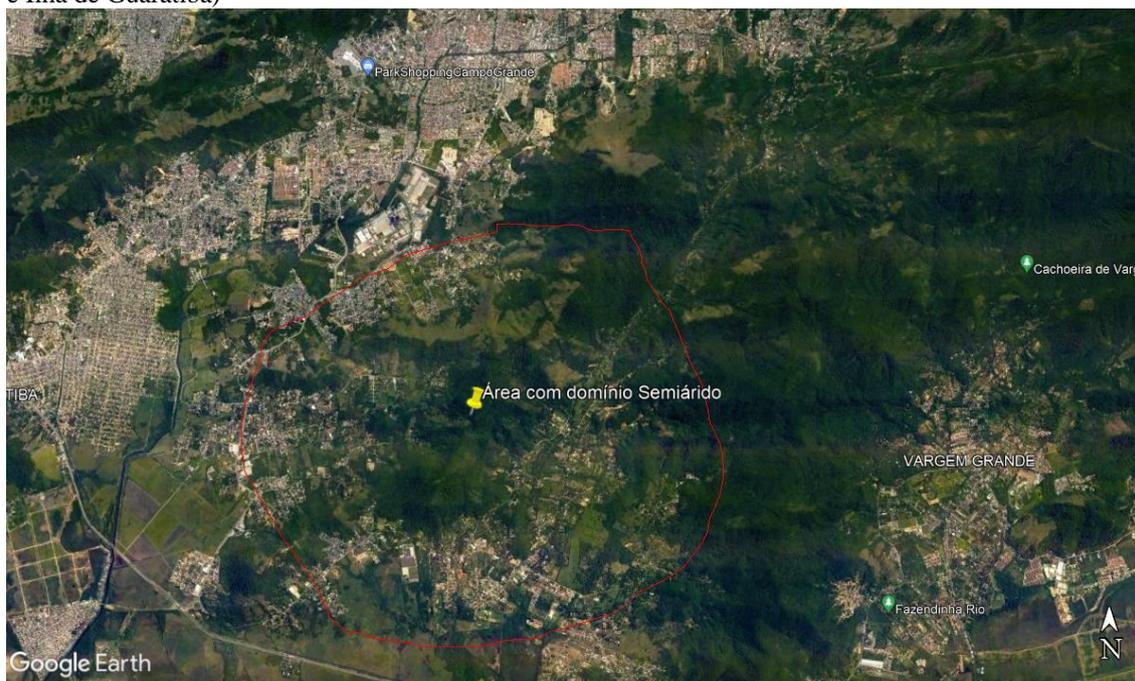
Figura 42. Trilha Caminho de Furnas – Rio da Prata – Campo Grande



Fonte: Wikiloc e Google Earth, 2022.

O *Domínio Semiárido* com os subtipos *Semiárido Litorâneo Sul do Brasil*: das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara (SAosb1); dos Maciços Costeiros Fluminenses (SAosb2); das Planícies Litorâneas (SAosb3), abrangem apenas uma parte da vertente oeste no bairro de Guaratiba, com 12 meses secos, possui a maior ETP e menor disponibilidade hídrica em seu solo. A TMMMF registra valores entre 20°C e 21,4°C e as médias anuais das precipitações ficam em torno de 1.053 a 1.184 mm, o que o qualifica como semiárido por ter a média de chuvas acima de 500 mm. No mapeamento do IPP (2018) identificam-se grandes extensões de vegetação gramíneo-lenhosa, na área espacializada como domínio semiárido, predominam construções urbanas na zona de amortecimento, e o uso agrícola. A Figura 43 que corresponde a imagem do Google Earth da região possibilita a percepção dos principais elementos presentes na paisagem, com a densidade das construções urbanas e algumas áreas com solo exposto.

Figura 43- Imagem do Google Earth do Maciço do PEPB e zona de amortecimento (bairros de Guaratiba e Ilha de Guaratiba)



Fonte: Google Earth, 2022.

4.3 Espacialização dos índices de vegetação e da temperatura superficial (TS) no maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento

Na classificação climática faz-se necessária a inclusão da análise dos componentes da paisagem e a conjugação com demais informações que possam subsidiar os domínios, subdomínios, tipos e subtipos climáticos. Sob essas condições a inserção de mais elementos apoiados nos dados da superfície da terra a partir do sensoriamento remoto auxiliam na caracterização as unidades climáticas encontradas.

Os índices de vegetação como NDVI, SAVI e EVI não são capazes de diferenciar os estratos vegetais, mas conseguem demonstrar a presença e a densidade da vegetação, sendo importantes na detecção das áreas onde a vegetação foi suprimida, e para tanto esse estudo inclui a análise espacial e temporal das mudanças ocorridas na vegetação, portanto serão abordados aqui os seus resultados (subtópico 4.3.1 a seguir). A necessidade de considerar os períodos secos e úmidos, apoia-se em Ponzoni et al. (2012) que enfatiza sobre mudanças no regime de precipitações que podem modificar a vegetação, principalmente no equilíbrio hídrico foliar, afetando a reflectância, principalmente na região do infravermelho médio.

Associado a vegetação a temperatura superficial (TS) mostra as respostas em relação ao equilíbrio energético, e a identificação da emissão de calor nos alvos presentes na superfície (conforme subópico 4.3.2, p. 203), com os núcleos mais quentes, e como a presença e ausência de vegetação pode interferir nas formações de ilhas de calor, conforme explicado no capítulo 1, subtópico 1.4.2 (p. 58).

Tanto para a espacialização dos índices de vegetação quanto para a TS foram considerados os meses úmidos e secos, dentro da temporalidade de 1990 a 2020. Os meses secos foram identificados, principalmente em julho e agosto, conforme pode ser observado na **Mapa 20 (p.153)**, já os meses úmidos correspondem de dezembro a março (**Mapas 18 e 19, p.149 e 150**), uma vez que a mudança no volume pluviométrico altera a resposta da reflectância da vegetação e da TS.

4.3.1 Índices NDVI, SAVI e EVI

Os três índices de vegetação NDVI, SAVI e EVI mostram a variação da cobertura vegetal entre 1990 e 2020, nos períodos secos e úmidos. No período seco entre julho e agosto; e o período úmido entre dezembro e março.

As médias pluviométricas registradas indicaram no mês de julho precipitações entre 29 e 69 mm, e em agosto de 35 a 63mm, a única exceção no mês escolhido para os cálculos dos índices mencionados, ocorreu em 1990 por conta da ausência de imagens sem cobertura de nuvens durante os meses de maio a outubro, restando apenas como opção selecionar uma imagem no mês de novembro, que mostra médias entre 96 e 166 mm. Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, apresentaram médias (respectivamente) entre: 129 mm e 216 mm; 134 mm e 232 mm; 118 mm e 203 mm; 126 mm e 213 mm.

O déficit hídrico foi encontrado entre os bairros de Campo Grande e Guaratiba e em parte de Vargem Grande, com valores entre 260 mm e 750 mm. Os maiores excedentes hídricos estão presentes na vertente leste e nas maiores cotas altimétricas, entre 450 mm e 750 mm.

O mapa 32 mostra a espacialização dos resultados de NDVI no mês úmido das décadas de 1990 a 2020. Notam-se menores valores na zona de amortecimento que

estão relacionados com a urbanização que se estabelece nas menores cotas altimétricas. Os valores abaixo de zero estão associados a faixa arenosa das praias localizadas em Grumari.

Em 1990 os índices encontrados estão entre -0,39 a 0,74. As áreas correspondentes aos bairros de Realengo e Jardim Sulacap mostraram valores de 0,04 a 0,24. Os maiores resultados, entre 0,54 e 0,74, localizam-se nas maiores cotas altimétricas das vertentes, sendo mais expressivo na vertente leste.

No ano de 2000 o NDVI apresentou dados entre -0,59 e 0,93. Os menores índices entre -0,23 e 0,06 estão presentes na zona de amortecimento, nas áreas mais urbanizadas. Nota-se uma mudança nos índices encontrados na vertente norte, principalmente entre os bairros de Realengo e Jardim Sulacap, que mostraram resultados entre 0,26 e 0,38, que pode ter uma relação com o aumento da vegetação herbácea nas vertentes, como o capim colônia que ocupa uma grande extensão dessa vertente. Os maiores valores de 0,39 e 0,93 são mais adensados na vertente leste, e nas cotas altimétricas superiores a 300 metros das demais vertentes.

Os índices estabelecidos no ano de 2010, mostram variações entre -0,44 e 0,76. As informações entre 0,02 e 0,29, como um dos menores, podem ser encontrados na zona de amortecimento. Notam-se os maiores índices entre 0,59 e 0,76 na vertente leste, Serra da Grota Funda. E os valores intermediários, entre 0,48 e 0,58 em maior extensão nas vertentes norte e oeste.

Dentre todos os valores dos índices apresentados, o ano de 2020, demonstra a menor variação, entre -0,2 e 0,63. Percebe-se uma redução nos maiores valores no topo, nas maiores cotas altimétricas e na vertente leste. Para compreender melhor as informações encontradas, buscou-se obter os dados de precipitação dos pluviógrafos do Alerta Rio que se encontram nos bairros próximos ao maciço, conforme observa-se na Tabela 2 o acumulado de chuvas nos meses de março e abril de 2020, uma vez que a imagem é de 15/04/2020. Os acumulados no mês de março ficaram entre 50 mm e 165 mm. Os bairros de Campo Grande e Guaratiba apresentaram os menores acumulados, com 59,6 mm e 54 mm respectivamente, ou seja, uma precipitação muito abaixo do esperado para o mês. Em meses mais secos, a vegetação acaba respondendo a menor disponibilidade hídrica e afetar na reflectância na região do infravermelho e do infravermelho próximo.

Tabela 2- Acumulados em mm de precipitação nos meses de março e abril de 2020

Bairros	Março	Abril
Bangu	78,8	102,4
Campo Grande	59,6	57,2
Sepetiba	92,6	102,4
Recreios dos Bandeirantes	75,6	164,8
Grota Funda	70,8	145,8
Jacarepaguá	68,2	105,6
Guaratiba	54	102

Fonte: GEORIO/ALERTA RIO, disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/2020-2/>>, acesso em 02/04/2022.

Além da relação com as precipitações, tais dados podem estar imbricados no desmatamento que aumenta no maciço para as construções de moradias residenciais. A vertente leste, entre os bairros de Vargem Grande e Camorim, a pressão pela expansão da urbanização vem crescendo nos últimos anos. Conforme observados nos **Mapas 09,10,11 e 12, nas páginas: 116 a 119**, apesar da redução entre 1990 e 2020 de áreas agrícolas e de pastagens, nota-se um aumento das áreas urbanas, principalmente na zona de amortecimento.

O índice SAVI de 1990 a 2020 no período úmido consta no Mapa 33, apesar de apresentar valores superiores ao NDVI, a espacialização das informações corroboram com as salientadas no NDVI.

O SAVI de 1990 teve uma variação entre -0,58 a 1,11. Os valores entre -0,04 e 0,37 foram encontrados na zona de amortecimento, com predomínio na vertente norte, com maior concentração entre os bairros de Realengo e Jardim Sulacap. Os maiores índices entre 0,81 e 1,11 destacam-se nas maiores cotas altimétricas de todas as vertentes.

O mapeamento de 2000 apresentam informações do SAVI entre -0,88 e 1,38. Os valores entre -0,33 e 0,1 espalham-se por toda a zona de amortecimento. Já os que correspondem a 0,39 e 0,57 estão presentes nos bairros de Realengo, Jardim Sulacap, Campo Grande e Guaratiba. Entre 0,58 e 1,38 pode ser observado nas maiores cotas altimétricas, na vertente leste e em parte da Serra da Grota Funda.

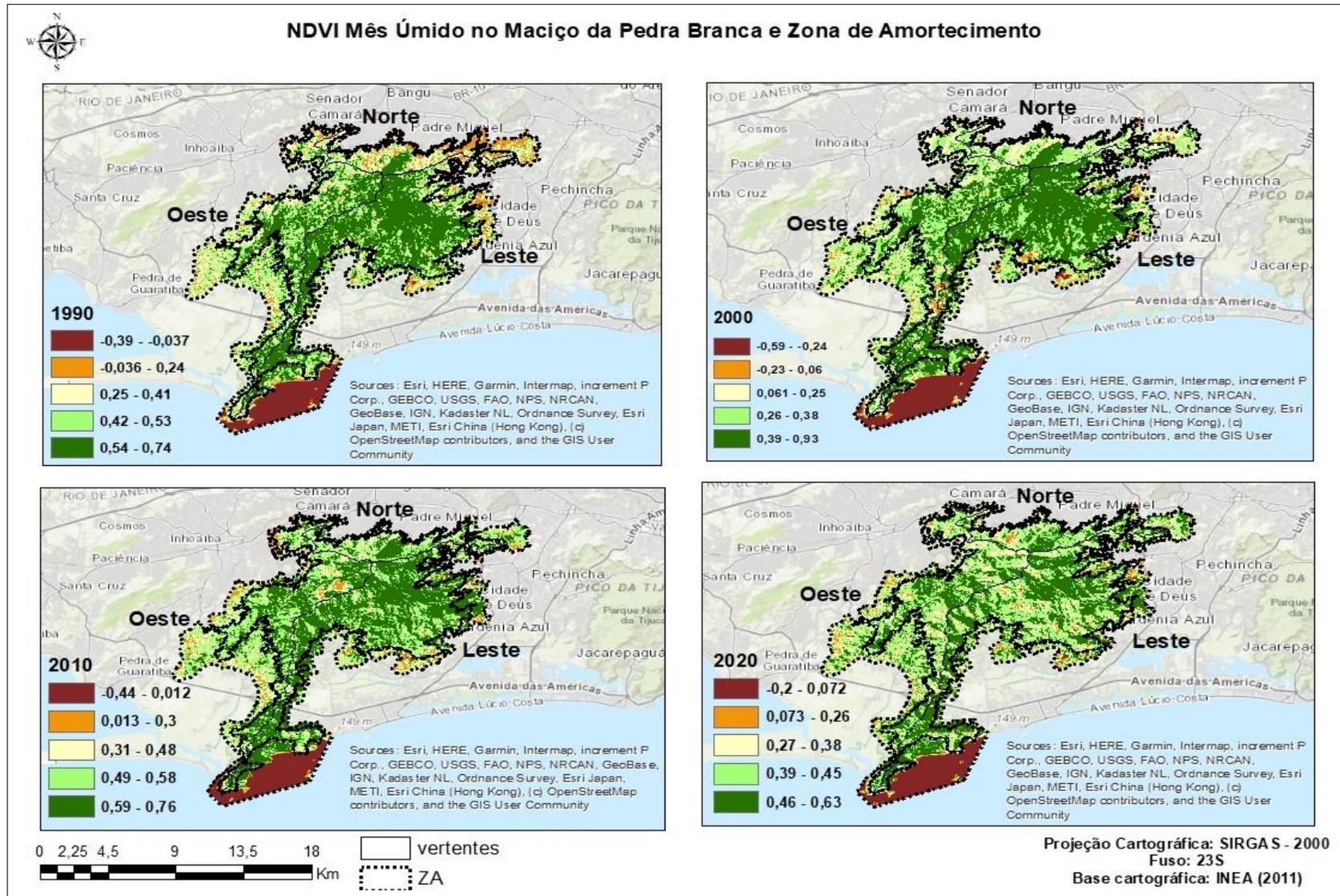
No ano de 2010, o índice variou de -0,66 a 1,14. Os valores na escala de 0,88 a 1,14 foram encontrados na vertente leste e parte de Campo Grande, e na Serra da Grota Funda. Os valores entre 0,71 e 0,87 concentram-se na maior parte da vertente norte,

principalmente próximos aos bairros de Realengo, Jardim Sulacap e Bangu, e a oeste seu predomínio é no bairro de Guaratiba.

Seguindo o mesmo padrão identificado para o NDVI no ano de 2020 o SAVI também mostrou resultados semelhantes. A variação do índice ficou entre -0,3 a 0,94. Os menores, entre 0,12 e 0,4 foram encontrados próximos a zona de amortecimento. Os valores intermediários entre 0,41 e 0,68 estão presentes nas vertentes norte e oeste. Os mais elevados, entre 0,69 e 0,94, estão destacados nas maiores cotas altimétricas e na vertente leste e Serra da Grota Funda.

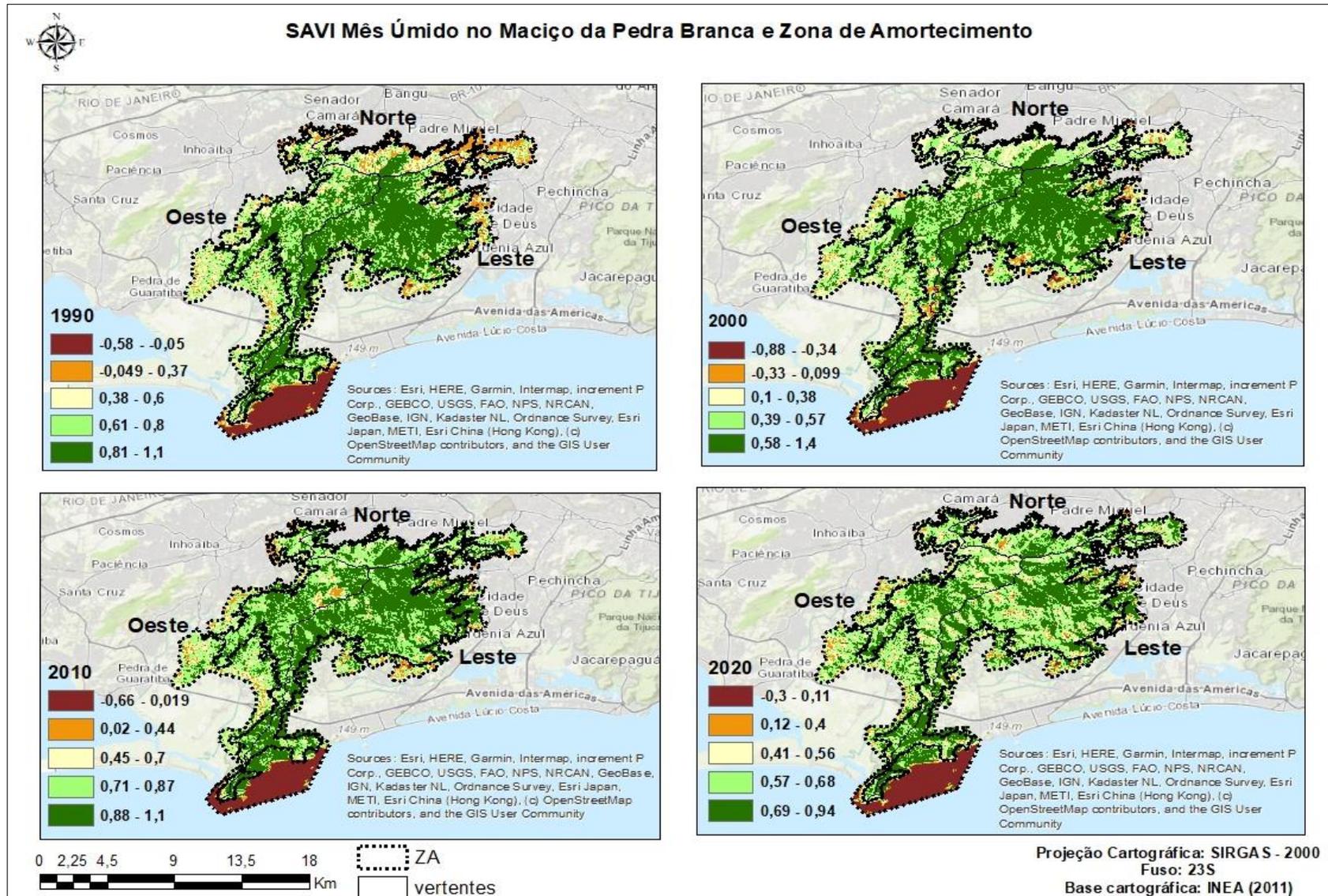
O EVI apresentado no Mapa 34 para o mês úmido demonstra visualmente uma espacialização dos valores de forma diferenciada, nota-se que no ano 1990, a vertente norte, principalmente nos bairros de Bangu e Realengo, mostra os menores números, entre -0,00041 e 0,001, assim como verifica-se tais informações na zona de amortecimento. Na vertente leste identifica-se os maiores valores. Esse padrão também se repete nos mapas do ano de 2000 e 2010. No ano de 2020, contrariando ao que pode ser identificado nos índices NDVI e SAVI, a distribuição dos valores mais elevados espacializam-se por todo o maciço, com valores menores que podem ser observados na zona de amortecimento e nas menores cotas altimétricas das vertentes norte e oeste, com destaque para o bairro de Guaratiba (vertente oeste) e os bairros de Bangu e Realengo (vertente norte).

Mapa 32. NDVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020



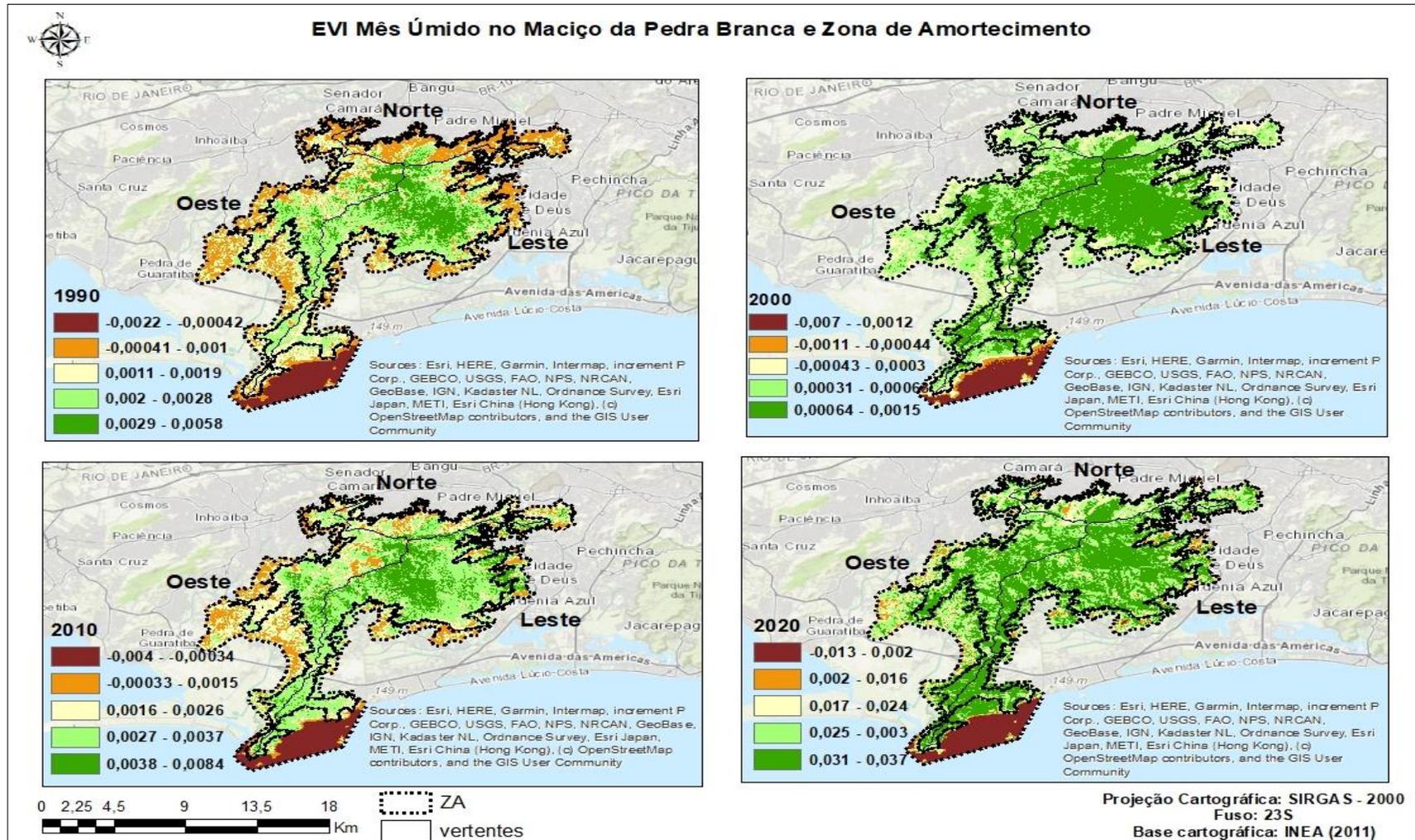
Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

Mapa 33- SAVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020



Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

Mapa 34.- EVI mês úmido no Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento 1990 - 2020



Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

Os índices NDVI, SAVI e EVI correspondentes aos meses secos nos mapas 35, 36 e 37 (respectivamente), que indicam variações em sua maioria no mês de agosto para cada ano.

Em 1990, de acordo com o que foi mencionado, a ausência de imagens sem cobertura de nuvens, dos meses de maio a outubro, impossibilitou a utilização, apenas foi possível obter uma imagem mais próxima do período seco, no mês de novembro. Os resultados do NDVI foram de -0,48 a 0,75. Os valores entre 0,04 e 0,26 encontram-se na zona de amortecimento. A vertente leste, o pico e a Serra da Grota Funda apresentaram valores entre 0,58 e 0,75.

No ano de 2000 a variação foi de -0,75 a 0,87. Os menores valores de -0,1 a 0,21 foram encontrados na zona de amortecimento e na vertente entre os bairros de Realengo e Jardim Sulacap. E de 0,40 a 0,53 nas vertentes norte e oeste. Na vertente leste e na Serra da Grota Funda, os índices variaram de 0,54 a 0,87.

Para o ano de 2010 verificam-se as informações que correspondem de -0,97 a 0,88 do NDVI. Entre -0,01 a 0,25 identificam-se tais índices na zona de amortecimento e na extensão dos bairros de Realengo a Jardim Sulacap. Os maiores valores permanecem localizados na vertente leste e na Serra da Grota Funda, entre 0,55 e 0,88.

Em 2020, notam-se vários pontos de NDVI baixo entre -0,17 e 0,57, semelhante ao que foi observado na estação úmida, ou seja, as informações corroboram, demonstrando as mesmas constatações nas duas imagens, o que sugere que o ano teve menores acumulados de chuva e pode estar passando por um processo de degradação com o avanço das ocupações urbanas. As vertentes norte, conforme observa-se nos bairros de Bangu, Realengo, Senador Camará, e oeste, com destaque para os bairros de Guaratiba e Campo Grande, são os que apresentam os menores índices, que variam de -0,17 a 0,38. A vertente leste, principalmente nos bairros de Camorim, Taquara, e Vargem Pequena, mostra dois valores índices predominantes, um intermediário, entre 0,31 e 0,38, e de 0,39 a 0,57.

No índice SAVI, o ano de 1990 mostrou uma variação entre -0,71 a 1,13. Os índices mais baixos foram encontrados na zona de amortecimento, com -0,06 a 0,39. Nas vertentes oeste (Campo Grande e Guaratiba) e norte (Bangu e Realengo) os valores estão entre 0,68 e 0,85. Os mais elevados entre 0,86 e 1,13, são observados nas maiores cotas altimétricas e na vertente leste.

Os valores correspondentes ao ano de 2000 ficaram entre -1,12 e 1,29. A zona de amortecimento e a maior parte do bairro de Realengo mostrou dados entre -0,16 e 0,32.

A vertente oeste (no bairro de Campo Grande e Guaratiba) verificam-se índices entre 0,58 e 0,78, e no leste com 0,79 a 1,29.

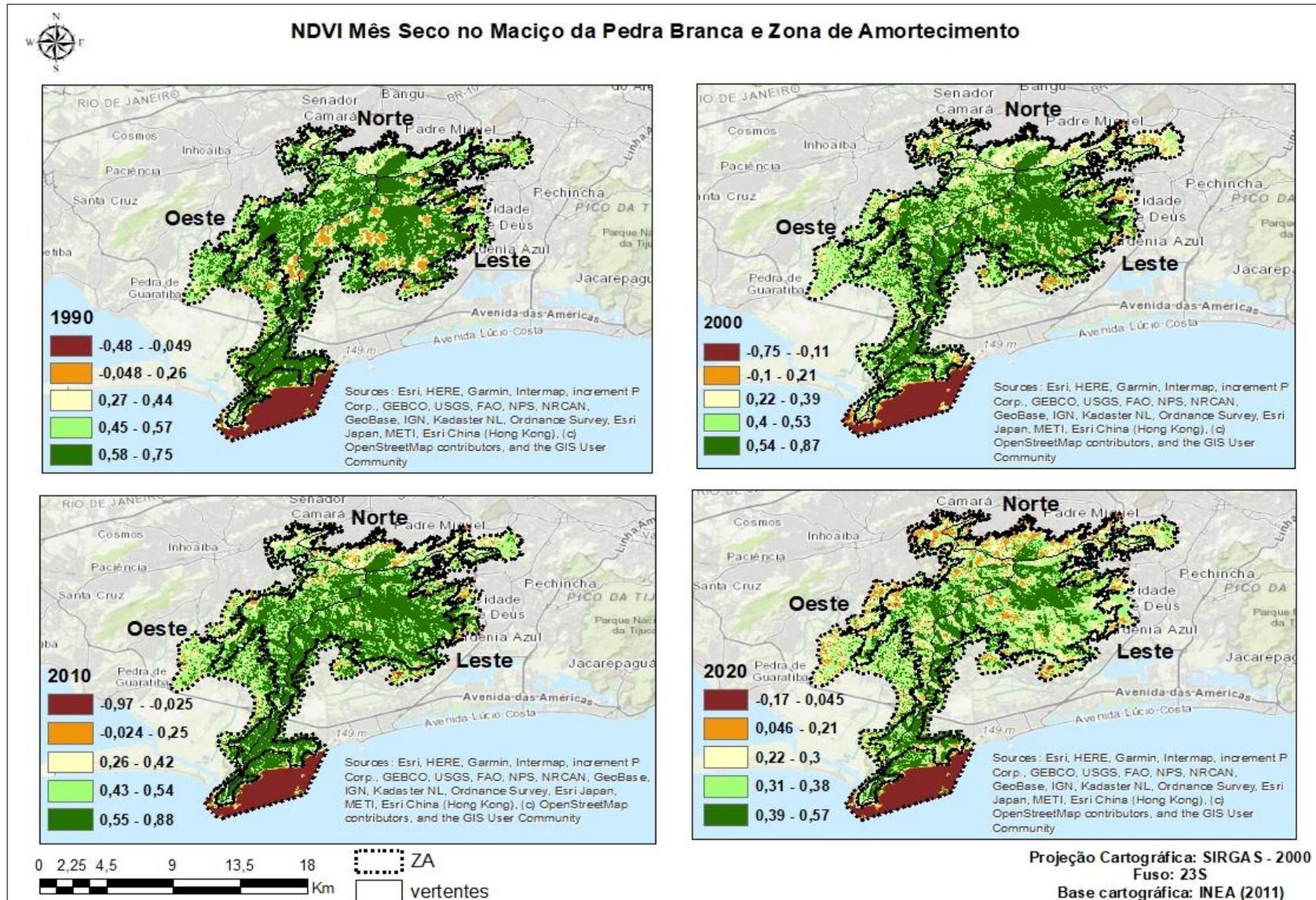
Os dados de 2010 apresentaram variações entre -1,44 a 1,32. Em toda a extensão da vertente norte, principalmente em sua zona de amortecimento, do bairro de Realengo a Senador Vasconcelos, identificam-se valores reduzidos, entre -0,02 e 0,37, notam-se pontos com esses índices na zona de amortecimento da vertente leste (Vargem Grande e Jacarepaguá). A escala intermediária, entre 0,63 e 0,81, estão localizadas nas maiores extensões da vertente oeste (bairro de Campo Grande). Os maiores, entre 0,82 e 1,32 estão presentes nas maiores cotas altimétricas e na maior porção da vertente leste (nos bairros de Camorim, Taquara e Vargem Pequena)

Para o ano de 2020, informações similares foram obtidas, sendo o ano que apresentou menores índices de vegetação tanto o SAVI quanto NDVI. No SAVI a variação ficou entre -0,26 a 0,86. Em toda a zona de amortecimento encontram-se dados entre 0,08 e 0,31. Nas vertentes leste e na Serra da Grota Funda, os valores entre 0,58 e 0,86 se fazem presentes, com entremeados de índices que variam de 0,46 a 0,57.

O EVI para o mês seco, apresenta variações e menores valores em relação ao mês úmido. Para o ano de 1990 os dados mostram mudanças entre -0,0017 e 0,0049. O ano de 2000 com valores entre -0,071 e 0,032. No ano de 2010 com -0,012 e 0,01, e as variações para o ano de 2020 ficaram entre -0,012 e 0,036. No que tange a resposta da densidade de vegetação pelo índice, o ano de 2000, demonstra visualmente os menores valores, o que pode ser identificado nas vertentes norte e oeste, e em toda zona de amortecimento. Prosseguindo com a discussão sobre os menores valores, tal situação pode ser verificada em todos os anos. Assim, é possível compreender que as vertentes norte e oeste são as mais degradadas em termos de cobertura da vegetação. Os valores mais elevados encontram-se na vertente leste, onde a biomassa é maior.

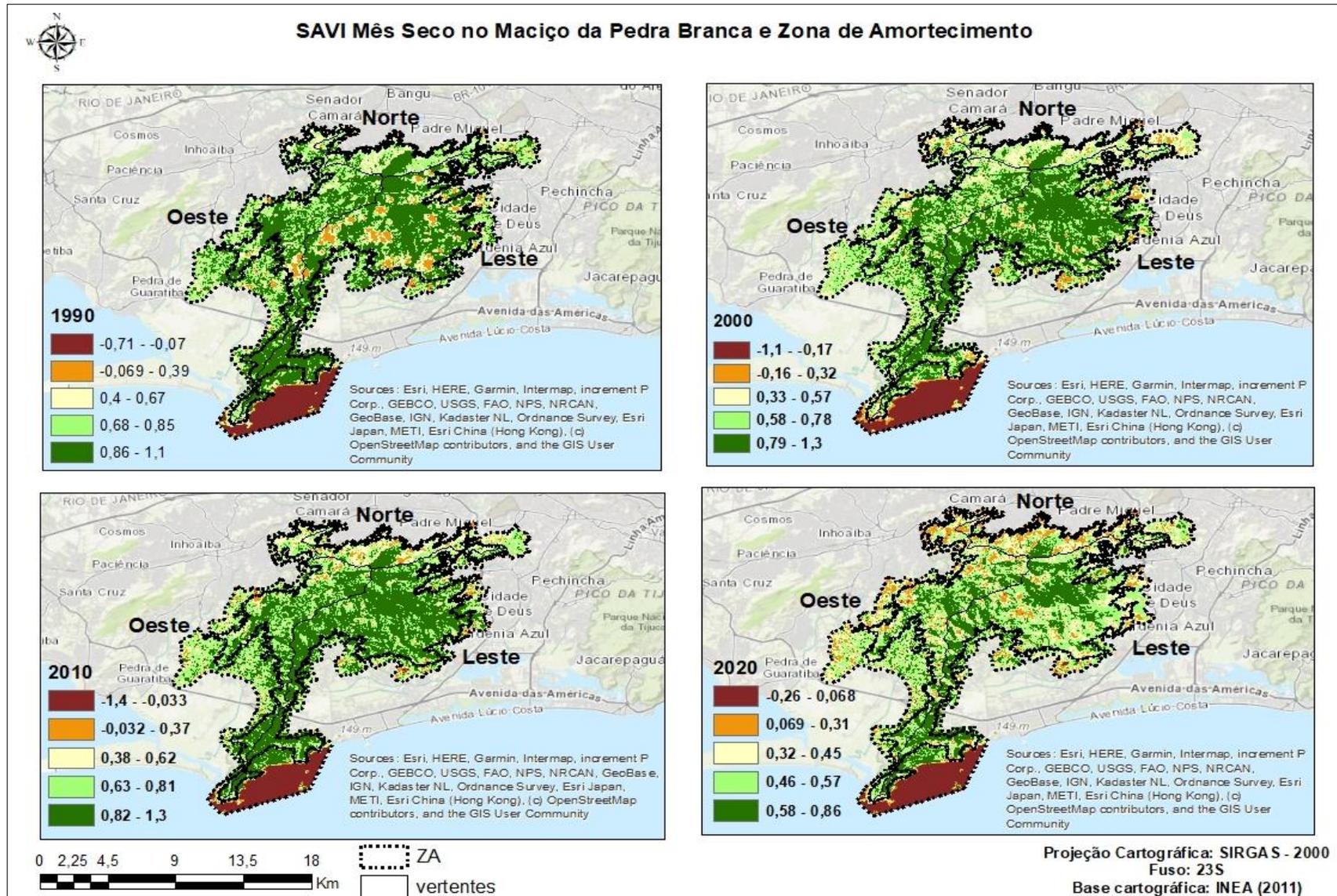
Quando comparado o EVI do mês úmido com o do mês seco percebe-se que este índice demonstrou uma melhor espacialização das informações, demonstrando a variação da cobertura vegetal entre os períodos de maior e menor pluviosidade. Algo que está menos ressaltado nos mapeamentos dos índices de NDVI e SAVI, principalmente no NDVI. Tais diferenças estão mais evidenciadas no ano de 2020, no qual a distribuição dos valores do EVI, estão mais próxima da realidade.

Mapa 35- NDVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020



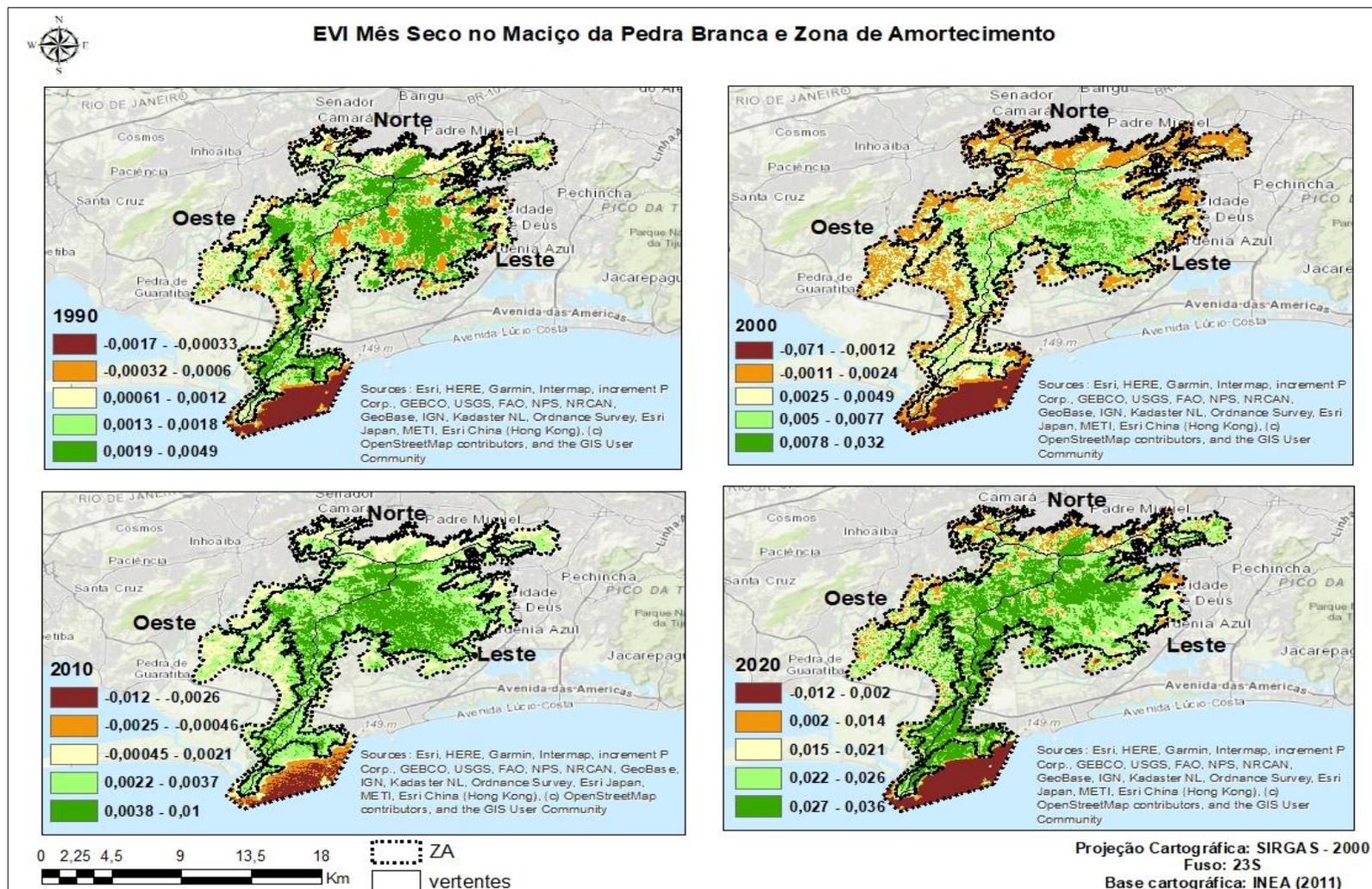
Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

Mapa 36- SAVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020



Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

Mapa 37- EVI mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ e zona de amortecimento entre 1990 e 2020



Fonte: Landsat-5 e Landsat-8.

A cobertura vegetal demonstrada a partir dos índices apresentaram variações dentro da escala no tempo e no espaço. Os usos da terra são diversos, que incluem as construções urbanas, as áreas agrícolas e demais usos como pequenas atividades de mineração.

Ao analisar as informações que constam na Tabela 3 do mês úmido, notam-se que as porcentagens apresentadas para as vertentes dos três índices (NDVI, SAVI e EVI). As maiores porcentagens, em relação as classes em que predominam os índices mais elevados, podem ser identificados na vertente leste, que indicam uma densidade de vegetação mais elevada. Em contrapartida, as vertente norte apresenta maiores porcentagens nas classes com valores mais baixos e intermediários.

Tabela 3- Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Úmido (continua)

NDVI				
ANO	Classes	Leste	Norte	Oeste
1990	-0,30 - -0,037	11,4%	14,6%	1,5%
	-0,036 - 0,24	7,6%	27,1%	12,5%
	0,25 - 0,41	15,2%	23,7%	23,4%
	0,42 - 0,53	26,3%	19,7%	32,4%
	0,54 - 0,74	39,2%	14,6%	30,1%
2000	-0,59 - - 0,24	12,1%	4,6%	2,2%
	-0,23 - 0,06	5,02%	14,9%	8,09%
	0,061 - 0,25	12,4%	31,6%	22,2%
	0,26 - 0,38	28,8%	30,9%	34,7%
	0,39 - 0,93	41,4%	17,7%	32,6%
2010	-0,44 - 0,012	11,8%	3,3%	1,4%
	0,013 - 0,30	4,2%	7,9%	6,4%
	0,31 - 0,48	9,2%	26,3%	14,9%
	0,49 - 0,58	29,9%	33,9%	37%
	0,59 - 0,76	44,8%	28,3%	40,1%
2020	-0,2 - 0,072	11,7%	4,3%	2,2%
	0,073 - 0,26	4,3%	9,7%	8,3%
	0,27 - 0,38	14,8%	28,5%	22,3%
	0,39 - 0,45	31,05%	33,4%	37,03%
	0,46 - 0,63	38,1%	23,9%	30,02%
SAVI				
1990	-0,58 - - 0,05	11,4%	14,7%	1,5%
	-0,049 - 0,37	7,7%	27,1%	12,5%
	0,38 - 0,60	15,2%	23,8%	23,3%
	0,61 - 0,80	26,3%	19,5%	32,8%
	0,81 - 1,10	39,2%	14,7%	29,7%
2000	-0,88 - - 0,34	12,2%	4,7%	2,2%
	-0,33 - 0,099	5,01%	15,3%	8,1%
	0,1 - 0,38	12,4%	31,2%	22,5%
	0,39 - 0,57	29,03%	31,09%	34,4%
	0,58 - 1,4	41,2%	17,6%	32,9%

Tabela 3- Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Úmido (conclusão)

2010	-0,66 – 0,019	11,8%	5,4%	1,4%
	0,02 – 0,44	4,1%	21,3%	6,4%
	0,45 – 0,70	9,1%	26,8%	14,7%
	0,71 – 0,87	29,9%	26,4%	37,07%
	0,88 – 1,10	44,8%	19,8%	40,22%
2020	-0,30 – 0,11	11,7%	4,3%	2,2%
	0,12 – 0,40	4,3%	9,7%	8,3%
	0,41 – 0,56	14,8%	28,5%	22,3%
	0,57 – 0,68	31%	33,4%	37,04%
	0,69 – 0,94	38,1%	23,9%	30%
EVI				
1990	-0,022 – 0,0042	10,7%	38,5%	22,6%
	-0,00041 – 0,001	23,5%	27,6%	26,5%
	0,0011- 0,0019	25,3%	15,7%	24,7%
	0,02 – 0,0028	27,8%	9,9%	21,08%
	0,0029 – 0,058	12,5%	8,06	4,9%
2000	-0,007 – 0,0012	10,8%	8,3%	0,28%
	-0,0011 – 0,00044	9,6%	30,4%	14,8%
	-0,00043 – 0,0003	17,3%	29,6%	30,1%
	0,0031 – 0,0006	31,7%	21,04%	34,4%
	0,00064 – 0,0015	30,3%	10,3%	20,2%
2010	-0,004 - - 0,00034	18,1%	9,1%	1,19%
	-0,00033 – 0,0015	11,2%	29,6%	18,9%
	0,0016 – 0,0026	23,7%	25,4%	29,8%
	0,0027 – 0,0037	37,7%	23,9%	34,2%
	0,0038 – 0,0084	16,6%	11,7%	15,6%
2020	-0,013 – 0,002	11,4%	5,5%	3,08%
	0,002 – 0,016	3,8%	10,2%	6,9%
	0,017 – 0,024	8,6%	28,6%	40,08%
	0,025 – 0,003	26,6%	26,6%	32,3%
	0,031 – 0,037	49,3%	28,9%	17,5%

Organização: A Autora, 2022

Na Tabela 4, que representa as porcentagens registradas para o mês seco, dos três índices de vegetação analisados, conforme já verificado, os índices no mês seco são menores, e identificam-se um aumento nas porcentagens em relação as classes que apresentam menores valores. A vertente leste, demonstra as maiores porcentagens nas classes com os índices mais elevados, o que pode ser observado nos índices de NDVI e SAVI. Já as vertentes norte e oeste, mostram porcentagens distribuídas entre as classes com índices intermediários. O EVI, as porcentagens entre as classes, nas três vertentes, apresentam-se de forma mais distribuída, contudo a vertente leste, registra as maiores porcentagens nas classes com índices mais elevados.

Tabela 4 - Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Seco (continua)

NDVI				
ANO	Classes	Leste	Norte	Oeste
1990	-0,08 - - 0,049	11,4%	0,84%	1,1%
	-0,048 - 0,26	5,7%	2,9%	4,9%
	0,27 - 0,44	12,1%	7,07%	21,5%
	0,45 - 0,57	24,9%	6,4%	33,4%
	0,58 - 0,75	45,7%	3,7%	38,9%
2000	-0,75 - - 0,11	11,1%	6,8%	1,8%
	-0,1 - 0,21	5,08%	23,4%	11,08%
	0,22 - 0,39	15,2%	30,2%	24,4%
	0,4 - 0,53	30,07%	25,3%	34,7%
	0,54 - 0,87	38,3%	14,1%	27,8%
2010	-0,97 - -0,025	11,4%	5,6%	2,5%
	-0,024 - 0,25	4,1%	21,8%	10,5%
	0,26 - 0,42	10,9%	26,9%	19,1%
	0,43 - 0,54	29,6%	26,4%	34,8%
	0,55 - 0,88	43,7%	19,1%	32,8%
2020	-0,17 - 0,045	11,6%	9,6%	5,2%
	0,046 - 0,21	7,9%	23,8%	15,7%
	0,22 - 0,30	22,6%	27,7%	25,1%
	0,31 - 0,38	30,5%	23%	31,9%
	0,39 - 0,57	27,3%	15,7%	21,8%
SAVI				
1990	-0,71 - 0,07	11,4%	3,9%	18,1%
	-0,069 - 0,39	5,6%	13,9%	6,01%
	0,40 - 0,67	12,1%	33,4%	22,06%
	0,68 - 0,85	24,8%	30,6%	33,09%
	0,86 - 1,10	45,7%	17,8%	37,4%
2000	-1,10 - - 0,17	11,1%	6,8%	1,8%
	-0,16 - 0,32	5,2%	23,3%	10,8%
	0,33 - 0,57	15,5%	30,2%	23,9%
	0,58 - 0,78	30,3%	25,3%	35,2%
	0,79 - 1,30	37,6%	14,1%	28,08%
2010	-1,40 - -0,033	11,4%	5,4%	2,7%
	-0,032 - 0,37	4,1%	21,3%	11,01%
	0,38 - 0,62	11,06%	26,8%	19,4%
	0,63 - 0,81	29,9%	26,4%	33,9%
	0,82 - 1,30	43,3%	19,8%	32,86%
2020	-0,26 - 0,068	11,6%	9,6%	5,2%
	0,069 - 0,31	7,9%	23,8%	15,7%
	0,32 - 0,45	22,5%	27,7%	25,1%
	0,46 - 0,57	30,5%	23,01%	31,9%
	0,58 - 0,86	27,3%	15,7%	21,8%

Tabela 4 - Porcentagens dos índices de vegetação no Mês Seco (conclusão)

EVI				
1990	-0,0017 – 0,0033	10,2%	9,1%	6,3%
	-0,00032 – 0,006	9,1%	32,6%	25,02%
	-0,00061 – 0,0012	7,5%	30,5%	26,4%
	0,0013 – 0,0018	10,9%	16,05%	23,7%
	0,0019 – 0,049	11,5%	11,6%	18,6%
2000	-0,071 - -0,0012	10,4%	33,5%	0,27%
	-0,0011 – 0,0024	22,4%	30,3%	34,25%
	0,0025 – 0,0049	29,5%	19,4%	32,9%
	0,005 – 0,0077	30,3%	10,2%	25,4%
	0,0078 – 0,032	7,13%	6,2%	6,9%
2010	-0,012 - -0,0026	10,9%	30,8%	18,3%
	-0,0025 – -0,00046	14,3%	25,4%	21,7%
	-0,00045 – 0,0021	22,3%	19,09%	24,6%
	0,0022 – 0,0037	34,6%	16,3%	23,9%
	0,0038 – 0,01	17,7%	8,2%	11,4%
2020	-0,012 – 0,002	11,4%	26,4%	10,5%
	0,002 – 0,014	23,2%	32,3%	22,3%
	0,015 – 0,021	25,6%	24,8%	28,7%
	0,022 – 0,026	30,6%	18,09%	19,02%
	0,027 – 0,036	17,5%	10,8%	12,5%

Organização: A Autora, 2022.

As vertentes mais degradadas, são a norte e, em seguida, a oeste, conforme verificou-se em todas as imagens. Nas proximidades de Realengo e Jardim Sulacap, ocorrem o predomínio de vegetação herbácea, e no núcleo Piraquara do PEPB, diversas ações de reflorestamento, tem sido colocada em prática, como pode ser verificada nas Figuras 44 e 45. A primeira (Figura 44, à esquerda) foi capturada no ano de 2018, quando estava se iniciando a recuperação do trecho desmatado, e a segunda (Figura 45) do ano 2022, já mostra a regeneração da vegetação que ainda está em seu estágio inicial. Tais informações não podem ser identificadas nos mapeamentos dos índices de vegetação e também no uso de cobertura do solo, uma vez que as imagens de satélite não trazem o detalhamento que só pode ser comprovado *in loco*, a partir dos registros em fotografias.

Figuras 44 e 45. Trecho de Recuperação Ambiental no Núcleo Piraquara - Realengo



Foto: A Autora, 2018 e 2022.

Contudo, ainda predominam em uma grande parte da vertente norte, principalmente de Realengo a Jardim Sulacap, a vegetação herbácea, com o capim-colonião, conforme nota-se nas duas Figuras 46 e 47. Contudo, observa-se o crescimento de cobertura arbórea na mesma encosta, no ano de 2022. Coura et al. (2009) demonstraram que a combustibilidade da vegetação herbácea e gramíneo-lenhosa é elevada e, portanto, favorecem ao alastramento das queimadas, esse tem sido um dos maiores problemas enfrentados pela equipe de gestão do PEPB.

Figuras 46 e 47. Espécie Capim-Colonião nas encostas do Núcleo Piraquara.



Fotos: A Autora, 2018 e 2022.

A vertente oeste, principalmente no bairro de Campo Grande, nota-se a presença de florestas em diferentes estágios sucessionais e de vegetação herbácea, como o Capim-Colonião que toma o lugar da vegetação arbustiva que deveria existir nessas encostas (Figuras 48 e 49). A produção agrícola (Figuras 50 e 51) é mais evidenciada na vertente oeste, com o predomínio de encostas com bananeiras, caqui e tuberculosas. As Figuras indicadas, demonstram os registros realizados durante o trabalho de campo na Trilha de Furnas, Rio da Prata do bairro de Campo Grande.

Figuras 48 e 49- Capim-Colonião (à esquerda) e a presença de vegetação em diversos estágios sucessionais (à direita) no Rio da Prata – Campo Grande



Fotos: Autora, 2022.

Figuras 50 e 51. Bananeiras (à esquerda) e a presença de caquis (à direita) – Rio da Prata – Campo Grande



Fotos: Autora (2022).

4.3.2 Temperatura Superficial (TS)

As informações obtidas pelo sensor termal são uma importante fonte na detecção de ilhas de calor acima da camada limite urbana, ou seja, a Urban Boundary Layer (UBL), que é a camada superior, acima dos prédios (OKE, 1978; WENG, 2009). E as técnicas utilizadas no sensoriamento remoto em sensor termal demonstram uma melhor espacialização das informações, identificando as temperaturas, os pontos mais quentes propícios na formação das ilhas de calor (LUCENA, 2019).

No Mapa 38 que corresponde a espacialização dos valores obtidos pelo sensor termal dos satélites Landsat 5 e 8, durante os meses úmidos, apresentaram diferentes temperaturas durante o período de 1990 a 2020.

No ano de 1990 a TS ficou entre 17°C e 33,3°C. A zona de amortecimento mostrou-se mais quente, com a TS entre 27,6°C e 33,3°C. Por sua vez, a TS nas maiores cotas altimétricas e no pico do maciço ficaram entre 20,7°C e 25°C. Na vertente leste, sobretudo nas encostas voltadas para o bairro de Guaratiba, encontram-se resultados de 27,6°C a 33°C.

Em 2000 a variação da TS foi de 24,1°C a 44,5°C. Na zona de amortecimento a TS alcançou a escala de 33,4°C a 44,5°C, verifica-se um predomínio dessas temperaturas na superfície da vertente norte. No topo e na maior parte da vertente leste identificam-se temperaturas entre 24,1°C e 29,5°C.

Para o ano de 2010 nota-se uma variação entre 17,9°C e 29,2°C. Nesse mapa, a TS apresenta-se menor na vertente oeste, dos bairros de Campo Grande à Guaratiba, entre 20,3°C e 22,8°C. A vertente norte permanece com resultados de TS elevados, destacando-se em toda a zona de amortecimento dos bairros de Realengo à Senador Camará de 22,9°C a 29,2°C. A menor TS está presente nas maiores cotas altimétricas, principalmente no-pico do maciço e na vertente leste. Contudo, destaca-se uma diferença nas proximidades ao bairro de Vargem Grande, com temperaturas entre 22,9°C e 24,5°C.

No ano de 2020 as variações encontram-se entre 16,4°C e 31,5°C. Na zona de amortecimento, os bairros de Guaratiba, Campo Grande e Vargem Grande, apresentam TS de 25,5°C a 31,5°C. As menores TS localizam-se nas maiores altimetrias, entre 16,4°C e 21,4°C.

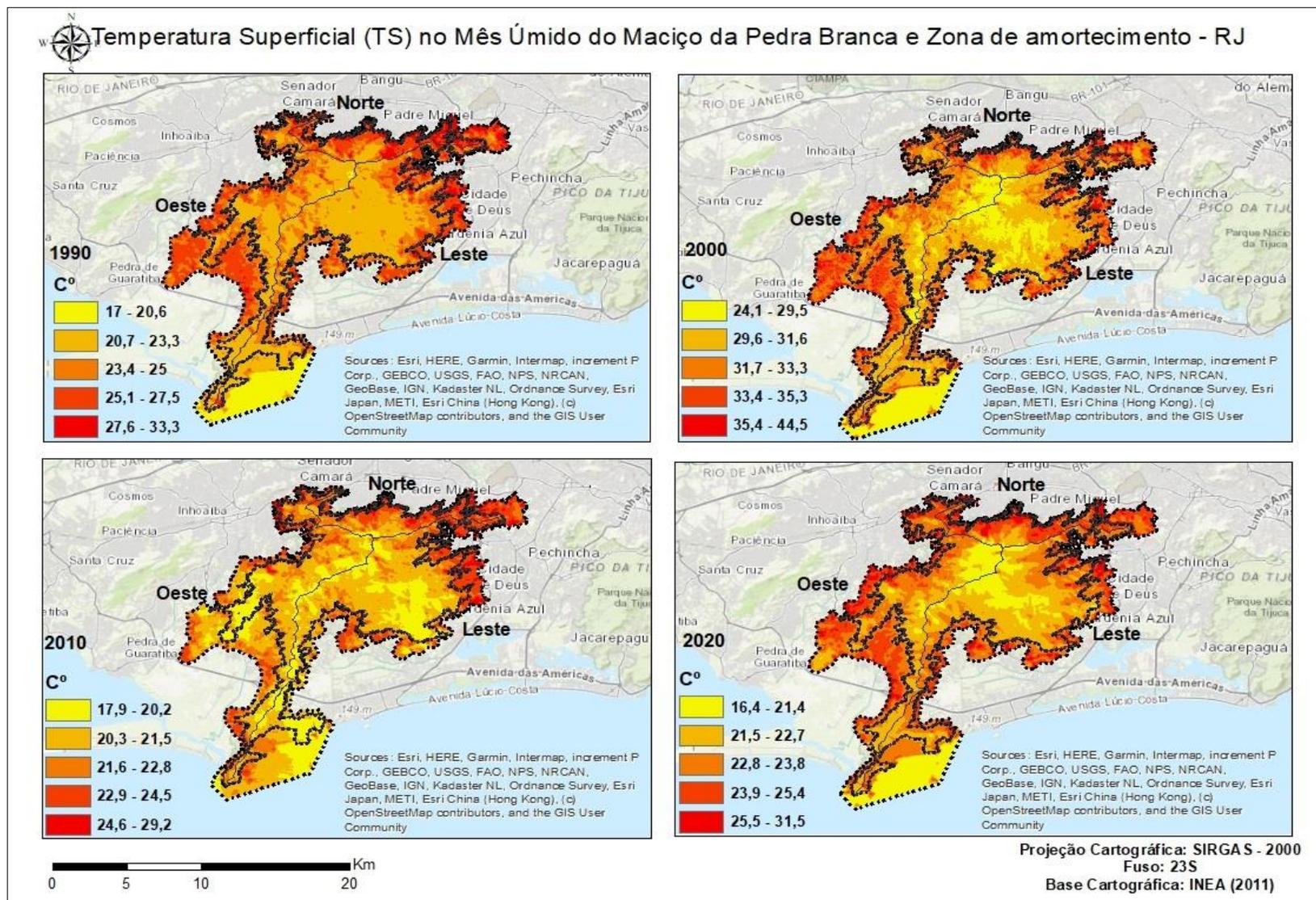
No mapa 39 apresenta a TS nos meses secos de 1990 a 2020. Em 1990, a variação da TS foi de 15,2°C e 25,4°C. As menores temperaturas foram identificadas no pico do maciço com 15,2°C a 18,8°C. A maior parte da zona de amortecimento e do maciço mostrou temperaturas entre 21,2°C e 25,4°C.

No ano de 2000 a TS ficou em torno de 10,4°C a 25,4°C. As menores temperaturas foram registradas na maior altimetria, acima de cota 600 metros, com 10,4°C e 14,3°C. A mesma temperatura verificou-se na Serra da Grota Funda. Na zona de amortecimento predominou a TS entre 19,4°C e 25,4°C.

No ano de 2010 a TS variou de 20,6°C a 39,9°C. Tais dados estão espacializados em escalas mais elevadas como 26,3°C e 31,2°C, identificadas na vertente oeste e norte, em destaque nos bairros de Campo Grande a Guaratiba (vertente oeste) e nos bairros de Realengo, Padre Miguel, Bangu e Senador Camará (vertente norte) e as menores entre 20,6°C e 23,6°C nas áreas mais elevadas e na vertente leste do maciço, sobretudo nos bairros de Vargem Pequena, Camorim e Taquara.

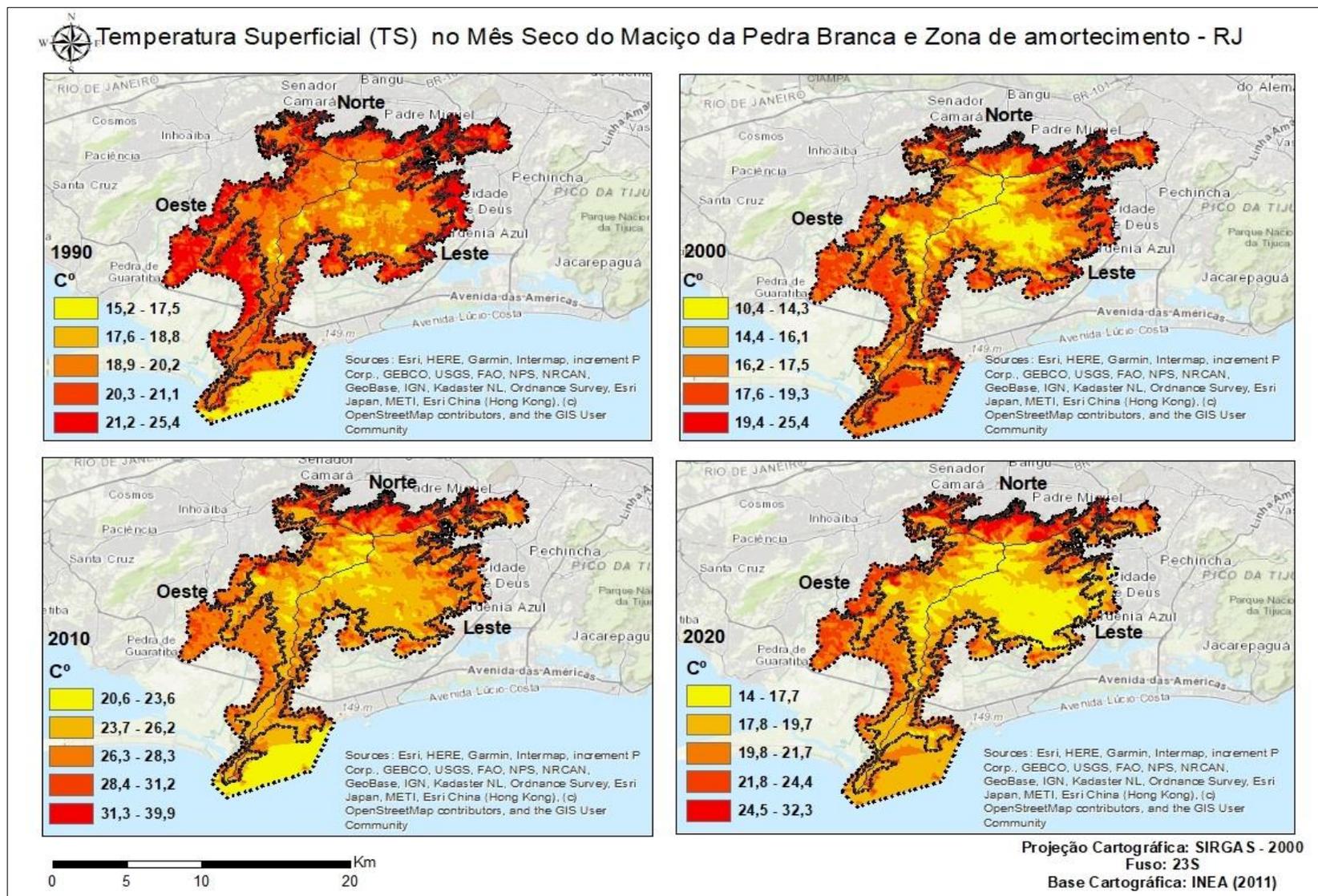
Em 2020 os resultados da TS destacam valores entre 14°C e 32,3°C. As mais elevadas, entre 24,5°C e 32,3°C, na vertente norte e em parte da zona de amortecimento. A vertente oeste, mostraram temperaturas em torno de 21,8°C e 24,4°C. A TS mínima foi registrada no topo do maciço e em parte da vertente leste, entre 14°C e 17,7°C.

Mapa 38- TS mês úmido no Maciço da Pedra Branca – RJ e Zona de Amortecimento entre 1990 e 2020



Fonte: Landsat-5 e Landsat-8

Mapa 39- TS mês seco no Maciço da Pedra Branca – RJ entre 1990 e 2020



Fonte: Landsat -5 e Landsat-8

A TS mostrou-se mais elevada nos meses úmidos, uma vez que corresponde a estação do verão também com temperaturas atmosféricas mais elevadas. Os meses secos, que correspondem aos meses de julho e agosto, que é a estação do inverno. Apesar da baixa pluviosidade, a passagem de sistemas atmosféricos, como as frentes frias são capazes de rebaixar as temperaturas, assim como a recepção dos ventos úmidos vindos do oceano.

Entre os dois Mapas 38 e 39 sobre o TS, destacam-se várias informações relevantes e que se relacionam com os dados encontrados nos três índices de vegetação (NDVI, SAVI e EVI), além do que foi encontrado no resultado do mapa de Classificação Climática que também podem ser associado aos mapas de declividade, hipsometria e orientação de vertentes do maciço da Pedra Branca.

O Domínio Semiárido, predominante no bairro de Guaratiba, apresentou TS elevadas em quase todos os períodos, assim como índices de vegetação com menores valores, sendo um dos indicativos que subsidiam a delimitação dessa unidade.

As cotas altimétricas acima de 800 metros registraram a TS mínima, em especial no inverno quando as temperaturas ficaram entre 10°C e 23,6°C, embora sejam informações referentes a temperatura de superfície e não atmosféricas, podem ser associadas ao Domínio Tropical Ameno com subdomínio úmido, e mostra que a maior densidade de vegetação contribui tanto na redução da TS quanto da temperatura do ar, e elevação da umidade, pois está área demonstra maior excedente hídrico.

Assim, entende-se que a vegetação está associada a TS, como um fator preponderante na emissividade de temperaturas mais baixas, são elementos da paisagem que propiciam a formação de ilhas de frescor. Tais dados corroboram com o que afirma Gartland (2010) que a vegetação reduz as ilhas de calor pelos sombreamentos que produzem, mantendo as superfícies mais frescas, reduzindo o calor que é transferido para o ar acima. Além de gerar economia de energia e trazer melhorias na qualidade do ar.

Em contrapartida observa-se que na zona de amortecimento a TS é mais elevada devido ao adensamento urbano, com materiais que são capazes de aumentar o aquecimento. A vertente norte é a que apresentou maiores TS em todas as imagens nos meses secos e úmidos, tanto na zona de amortecimento quanto nas cotas de 100 a 400 metros, o que se justifica pelo elevado número de construções urbanas e a menor cobertura vegetal de porte arbóreo, com predomínio de vegetação herbácea e gramíneo-lenhosa. Contudo, nota-se que há uma concentração de temperaturas elevadas durante os meses de agosto, em um período mais seco, o que pode favorecer a ocorrência de incêndios florestais.

5 CONCLUSÃO

Apesar do aumento no número de pesquisas sobre os fragmentos florestais urbanos, ainda existem carências de estudos climáticos nesses recortes espaciais.

No passado, a ausência ou até mesmo a baixa densidade de informações e equipamentos meteorológicos, impossibilitavam a elaboração de classificações climáticas em escalas mesoclimática e local. Atualmente, conta-se com maiores aparatos tecnológicos como os satélites, as estações meteorológicas, boias oceânicas, e instrumentos digitais que cada vez mais estão sendo aprimorados, possibilitando a análise do clima em escalas inferiores ao macroclima. Contudo, não existe homogeneização no que tange as técnicas, nem todos os lugares dispõem de boa infraestrutura e disponibilidade para se estabelecer diagnósticos climáticos. Assim, a desigualdade no aparato tecnológico é perceptível em países subdesenvolvidos e com menos investimentos em ciência e tecnologia.

Esta falta e desigualdade de aparatos tecnológicos para estudos mais aprofundados do diagnóstico climático é evidenciado na cidade do Rio de Janeiro, principalmente para análises em escala local e áreas de topografia elevada, a exemplo do que ocorre no Maciço da Pedra Branca. A ausência de estações meteorológicas e de pluviômetros (somente disponível na Grotta Funda) que poderiam abranger as maiores cotas altimétricas e a zona de amortecimento no seu interior impediram uma melhor confrontação com os dados fornecidos pelo algoritmo CHELSA. E, para além, a presença de uma extensa rede pluviométrica auxiliaria no monitoramento das chuvas, uma vez que episódios extremos são frequentes no Rio de Janeiro, que podem deflagrar movimentos de massa e enxurradas no maciço, como os que já foram registrados, em exemplo ao último acontecimento em março de 2020 na vertente norte do maciço da Pedra Branca (encostas do vale do Piraquara), no bairro de Realengo.

Os estudos geográficos que foram desenvolvidos no maciço da Pedra Branca e citados no capítulo 2 da presente tese, trouxeram grandes contribuições no que tange a geomorfologia, a cobertura vegetal, aos aspectos hidrológicos, a história da ocupação que destacam, principalmente, os produtores rurais e os direitos da população tradicional, e evidenciam conflitos entre os gestores do PEPB e a permanência dos moradores (zona de amortecimento) em seu entorno e interior, mas também mostram a ampliação das construções urbanas. Contudo, os estudos climáticos são escassos e muitas vezes não atendem a uma extensa análise de suas relações aos aspectos geográficos citados.

Desse modo, identificam-se diversidades entre os aspectos físicos e climáticos para cada vertente do maciço. Isso ocorre sobretudo nos aspectos da vegetação e das ocupações antrópicas (urbanas e rurais), que nos leva a compreender que não se pode atribuir uma única classificação climática para todo o maciço, uma vez que tais diferenciações são influenciadas por variações térmicas e pluviométricas, além da altimetria acentuada, típica de relevo escarpado e com vales encaixados. Nesse contexto que a delimitação das unidades climáticas se tornou um dos principais atributos para entender a sua variação por vertentes, o que também poderá subsidiar as próximas atualizações do Plano de Manejo do PEPB, defasado em cerca de 3 anos do tempo necessário à sua revisão.

O ambiente urbano está sempre passando por diversas alterações no seu espaço, o que resulta na supressão da cobertura vegetal, e associar os diferentes tipos de unidades da paisagem com os aspectos termo-higrométricos é fundamental, o que já vem sendo realizado por diversos pesquisadores do clima urbano, conforme mencionados na tese. Contudo, a delimitação de unidades climáticas, a partir de uma escala analítica de semidetalhe, com o suporte das ferramentas de SIG e Sensoriamento Remoto disponíveis, podem somar com as investigações intraurbanas já elaboradas.

Devido a importância do PEPB para a zona oeste, optou-se por estabelecer uma análise que contemplasse a Climatologia Geográfica em todo o maciço, incluindo a zona de amortecimento e a UC (localizado acima da cota 100 m), associada a uma avaliação geourbana na visão geossistêmica, o que inclui compreender as alterações no espaço, sob os aspectos antrópicos, que tendem a modificar o clima, como por exemplo, propiciar a formação de Ilhas de Calor Urbanas (ICU).

O pressuposto teórico-conceitual embasou a tese e a construção das etapas metodológicas, sobretudo no que toca a alcançar o objetivo geral proposto que foi o de criar o mapa de classificação das unidades climáticas e a espacialização das informações térmicas e higrométricas, da cobertura vegetal e da temperatura de superfície do maciço da Pedra Branca que possui uma das mais importantes e maiores unidades de conservação do município do Rio de Janeiro – o Parque Estadual da Pedra Branca.

Os objetivos específicos constituíram como os principais parâmetros nos desdobramentos das análises da tese, desse modo os resultados alcançados estão interligados aos objetivos que foram estabelecidos.

O **primeiro objetivo específico** foi atendido com a elaboração e levantamentos das informações pelos mapeamentos, referenciais teóricos e trabalhos de campo que pudessem contribuir na construção das análises sobre os aspectos geoambientais e geourbanos mais

significativos a fim de fornecer um suporte para os resultados encontrados com a delimitação das unidades climáticas e na obtenção e espacialização dos índices vegetacionais (NDVI, SAVI e EVI) e da temperatura superficial.

O **segundo objetivo específico** que corresponde a análise da vegetação na superfície e suas variações no tempo e no espaço, de 1990 a 2020, foram elaborados os índices NDVI, SAVI e EVI, possibilitando uma melhor compreensão da densidade da vegetação nas vertentes, tanto nos meses secos (entre maio e agosto) quanto nos meses úmidos (dezembro a março). Nem sempre é possível obter uma imagem de qualidade durante todos os meses, considerando que o período de revisita dos satélites Landsat-5 e Landsat-8 ocorre a cada 16 dias, pois se as condições atmosféricas na região apresentarem nebulosidade, impossibilita o uso da imagem. Tal fato ~~que~~ ocorreu no ano 1990, para o mês seco, pois só foi possível adquirir uma imagem de novembro. E nos meses úmidos as melhores imagens nos anos de 2010 e 2020, foram encontradas em abril. Os dados mostraram que o NDVI, SAVI e EVI apresentaram informações semelhantes, sendo maiores na vertente leste, principalmente nos bairros que correspondem à Camorim, Taquara e Vargem Pequena e nas maiores cotas altimétricas, acima de 600 metros.

Ao passo que nas vertentes norte e oeste, ocorreu um predomínio dos menores índices em relação as cinco classes organizadas, e que correspondem as colorações laranja e verde claro, esses resultados foram identificados em todas as imagens. Contudo, curiosamente, o ano de 2020, mostrou índices menores, o que pode ter como principal justificativa as precipitações abaixo de 100 mm nos meses de março e abril. Dentre os três índices utilizados, o EVI apresentou melhores resultados em relação à distribuição dos índices de vegetação no maciço, para o ano de 2020, assim em termos de espacialização dessas informações, correspondeu mais próximo do que foi identificado durante os trabalhos de campo, nas vertentes oeste e norte.

Sobre a temperatura superficial (TS) esta mostrou-se elevada na zona de amortecimento, no mês seco e chuvoso, e menores nas maiores cotas altimétricas e em grande parte da vertente leste. A associação da vegetação com a temperatura revelou que nas áreas com maiores índices de vegetação a TS tende a apresentar valores reduzidos, em contrapartida as áreas com maior densidade de construções urbanas, mostraram maiores temperaturas.

Os dados obtidos pelo algoritmo CHELSA foram basilares para atender ao **terceiro objetivo específico**, as médias térmicas e pluviométricas no período de 1979 a 2013, possibilitaram o estabelecimento das variações térmicas, pluviométricas e da TMMMF (no mês de julho), que culminaram no entendimento do balanço hídrico, a partir da identificação

das áreas do maciço que apresentam excedentes e déficits hídricos, e da ETP com a quantidade de meses secos. O que propiciou na delimitação das unidades climáticas.

A *zona climática é a quente* (a primeira hierarquia), por conta da latitude, e na segunda hierarquia tem-se o *clima zonal quente* pela TMMMF entre 15°C e 22,5°C. Na terceira hierarquia os *domínios*, foram encontrados no pico do maciço (*Tropical Ameno*, TMMMF entre 16,5°C e 17,4°C), na maior extensão do maciço (*Tropical*, TMMMF acima de 18°C), e na área correspondente a vertente oeste, nas proximidades ao bairro de Guaratiba (*Semiárido*, 12 meses secos e precipitação média anual acima de 500 mm). Na quarta os *subdomínios*, pela definição dos meses secos: *úmido* (de 0 a 3 meses) com maior abrangência nas cotas superiores a 800 metros; *semiúmido* (4 a 5 meses) nas vertentes leste e parte da vertente norte; *semisseco* (6 a 7 meses) identificados na zona de amortecimento dos bairros de Realengo, Jardim Sulacap, Senador Camará, e em algumas partes da vertente leste; o *seco* (de 8 a 11 meses), na vertente oeste, nas proximidades ao bairro de Campo Grande. Na quinta hierarquia o *tipo climático*, que nesse caso é apenas um, o Tropical Litorâneo Sul do Brasil.

Na sexta hierarquia os *subtipos climáticos*, como principais unidades geomorfológicas as classificações dos: *Maçiços Costeiros Fluminenses; das Colinas e Morros da Depressão da Guanabara; das Planícies Litorâneas; e das Planícies e Terraços Fluviais*. Assim, foram identificados os subtipos: *Tropical úmido Litorâneo Sul do Brasil; Tropical Semiúmido Litorâneo Sul do Brasil; Tropical Semisseco Litorâneo Sul do Brasil; Tropical seco Litorâneo Sul do Brasil; Tropical Ameno úmido Litorâneo Sul do Brasil e o Semiárido Litorâneo Sul do Brasil*.

Diante do exposto, os resultados alcançados possibilitaram uma análise do clima, sob uma perspectiva Geográfica, pois todas as informações foram conjugadas com as características das vertentes em relação a cobertura vegetal (NDVI, SAVI e EVI) e com a temperatura superficial (TS). Algumas peculiaridades surgiram nessa pesquisa, como a existência de um domínio semiárido na vertente oeste, o que despertou a necessidade de prosseguimento em pesquisas futuras para compreender, que fatores influenciam nas condições mais secas nessa área. Alguns aspectos físicos podem ser ressaltados, na área que compreende aos pontos que registraram 12 meses secos, como a altimetria entre 0 e 233 metros, com predomínio de planícies fluviais e flúvio-marinhas e declividade de 3 a 20% (do plano ao ondulado).

Assim como a existência de um domínio Tropical Ameno dentro do maciço revela que a altimetria contribui de fato para temperaturas menores, outro importante elemento é a densidade e preservação da vegetação nessa área, o que demonstra a sua relevância para as

condições climáticas encontradas. O mesmo pode-se reforçar sobre os resultados encontrados na vertente leste.

A impossibilidade de maiores investigações deve-se a situações atípicas que foram enfrentadas durante os anos de 2020 e 2021, por conta da Pandemia por COVID-19, atividades de campo tiveram que ser suspensas, e só puderam ser retomadas no final do ano de 2021 e início do ano 2022.

Espera-se que esta Tese possa servir de estímulo para maiores pesquisas de Climatologia Geográfica no Maciço da Pedra Branca, e que a partir da classificação climática estabelecida, a revisão do Plano de Manejo do PEPB possa ser organizada com maior ênfase nos aspectos climatológicos, além de subsidiar outros mapeamentos e análises geoambientais e geourbanas na UC e sua ZA. Com a necessidade de preservação da vegetação e impedimento do avanço da urbanização para o interior do PEPB é preciso buscar meios sustentáveis para que possam coexistir as ações antrópicas de menor impacto com a unidade de conservação, assim como o planejamento urbano dos bairros no seu entorno próximo.

Cabe ressaltar a existência de áreas de risco à movimentos de massa, o que torna a população que reside no entorno e no interior do maciço vulnerável a tais eventos, que são desencadeados, na maioria das vezes, por episódios extremos em termos de pluviosidade, principalmente na estação mais chuvosa do ano (verão).

As mudanças climáticas em curso poderão ampliar esses eventos (conforme indica os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, em 2021). Portanto é preciso planejar a cidade de forma a garantir a qualidade ambiental e de vida. Atualmente já está sendo preconizado a importância de aliar os diversos recursos tecnológicos disponíveis para melhorar a qualidade urbana (*Smart Cities* – Cidades Inteligentes) e a partir dos indicadores atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Os ODS, para o cumprimento da Agenda 2030, dentre os seus dezessete objetivos, destacam-se os objetivos de número treze que traz como principal tema as mudanças climáticas e de número quinze que salienta a proteção a vida terrestre, que neste caso possui associação com as UCs. Desse modo, a pesquisa poderá contribuir com as demais análises em curso para alcançar os ODS na maior parte da cidade do Rio de Janeiro, já que o maciço da Pedra Branca abrange bairros importantes e densamente ocupados da zona oeste.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.A. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**, IPP; Rio de Janeiro, 2006.
- ABREU, S. F. **O Distrito Federal e seus recursos naturais**. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1957.
- AOUAD, M.S. **Tentativa de Classificação Climática para o Estado da Bahia: uma análise quantitativa dos atributos locais associada à análise qualitativa do processo genético**. Dissertação. FFLCH-USP, 1978.
- ALMEIDA, S.; NASCIMENTO, C. W. R. GRANITOS DE PEDRA DE GUARATIBA, RJ: variações faciológicas e evidências de acumulação de megacristais por segregação mecânica em zonas de enclaves. *Geosciences = Geociências*, [S.L.], v. 39, n. 03, p. 661-674, 29 set. 2020.
- ALVES, W. S.; MARIANO, Z. F. A Influência dos fatores Geicológicos e Geourbanos no Clima Urbano de Iporá-GO: uma análise a Partir dos Métodos de Correlação e Regressão Linear. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 19, n. 12, p. 319-334, dez. 2016.
- AMADO, J. Região, sertão, nação. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v.8, n.15, p.145-151, 1995.
- ARAGÃO, M.J. **História do Clima**, Interciência; Rio de Janeiro, 2009.
- ARAVENA, H. R.; ROMERO-TOLEDO, H. ; OPAZO, D. Topoclimatología cultural y ciclos hidrosociales de las comunidades andinas chilenas: híbridos geográficos para la ordenación de los territorios. Cuadernos de Geografía: **Revista Colombiana de Geografía**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 242-261, 1 jul. 2018.
- ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Geografia. FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2014.
- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os trópicos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BAPTISTA, S.R.N; FORMOSO, C.O.M.; SILVA, I.R. Sertão carioca: a construção social de um território agroecológico In: OLIVEIRA, Rogério; FERNANDEZ, A. **Paisagens do sertão carioca: floresta e cidade**. Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2020. p. 119-146.
- BIAS, E.S.; BAPTISTA, G. M.M.; LOMBARDO, M. A. Análise do Fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas, por meio da Combinação de dados Landsat e Ikonos. **Anais XI SRBS**. Belo Horizonte, p. 1741-1748. 05-10 abr. 2003.
- BOUKHABL, M.; ALKAM, D. Impact of Vegetation on Thermal Conditions Outside, Thermal Modeling of Urban Microclimate, Case Study: The Street of the Republic, Biskra. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 18, p.73-84, 2012.

BRANDÃO, A. M. P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. Tese Doutorado submetida ao Departamento de Geografia Física, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1996.

_____. O Clima Urbano na Cidade do Rio de Janeiro. In: MENDONÇA, F. ; MONTEIRO, CARLOS. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

BRANDÃO, C. B.; MIRANDA, R. A. C. Relações Entre Elementos Climáticos e Geográficos nas Ocorrências de Incêndio Florestal no Parque Estadual Da Pedra Branca-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 10, 2021

BRANDT, L. et al. A framework for adapting urban forests to climate change. **Environmental Science & Policy**, [S.L.], v. 66, p. 393-402, dez. 2016.

BRINO, W. C. A abordagem genética na classificação climática. **Geografia**, v.2, n. 3, p. 97-105, abr. 1977.

CAIONI, C. et al. Dinâmica da temperatura superficial da microbacia Pedra do Índio durante a seca de 2013. **Revista Espacios**, S.i., v. 38, n. 38, p.01-12, jan. 2017.

CINTRA, D.P. Classificação de estágios sucessionais florestais através de imagens Ikonos no Parque Estadual da Pedra Branca, RJ. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1627-1629.

CONFORTE, J. C. Tecnologia espacial nos estudos dos fenômenos atmosféricos. São José dos Campos: DSR/INPE, 2002.

CONGEDO, L Semi-Automatic Classification Plugin: a python tool for the download and processing of remote sensing images in qgis. **Journal Of Open Source Software**, [S.L.], v. 6, n. 64, p. 3172, 27 ago. 2021.

CONNORS, J. P.; GALLETI, C. S.; CHOW, W. T. L. Landscape configuration and urban heat island effects: assessing the relationship between landscape characteristics and land surface temperature in Phoenix, Arizona. **Landscape Ecology**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.271-283, 19 dez. 2012.

CORRÊA, A.M. O Sertão Carioca. In: **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**. Rio de Janeiro, Departamento de Imprensa Oficial. Secretaria Municipal Administração, v. 167, 1936.

COSTA, N. M. C. da. **Geomorfologia estrutural dos maciços litorâneos do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 1986. 108p. Dissertação (mestrado) CCMN/IGEO/PPGG UFRJ.

_____. **Análise Ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, por Geoprocessamento: Uma Contribuição ao seu Plano de Manejo**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002. 317 p.

COSTA, V. C. **Proposta de manejo e planejamento ambiental de trilhas ecoturísticas: um estudo do maciço da Pedra Branca-Município do Rio de Janeiro.2006**. 325f. Tese

(Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; FERNANDES, M.C. Mapeamento Geocológico da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p.14-25, jun. 2009.

CHAVES, M.E.D. et al. Utilização dos índices de vegetação EVI e NDVI como ferramenta de análise da dinâmica da vegetação no Parque Nacional da Serra da Canastra – MG. **Anais**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da serra do mar. **Revista do Instituto Geológico**, [S.L.], v. 8-11, n. 1, p. 9-20, 1990.

CPRM. **Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro**, Projeto Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade/rjgeomorfologico/geomorfo_caracterizacao.pdf> acesso em: 20 de Jan. 2017.

DACANAL, C. **Fragmentos Florestais Urbanos e Interações Climáticas em Diferentes Escalas: Estudos em Campinas São Paulo, SP**. 2011. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

_____.LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.115-132, jun. 2010.

DANELICHEN, V. M. et al. Uso do Sensoriamento Remoto na Estimativa do Índice de Área Foliar em Floresta Tropical. **Ciência e Natura**, [S. l.] , v. 38, n. 3, p. 1352–1360, 2016.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise Temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. R. **Ra’ega**, Curitiba, v. 21, p.234-271, 2011.

DEAN, D. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 1996. 484 p.

DERECZYNSKI, C. P. et al. Climatologia da Precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p.24-38, 2009.

DUBAYAH, Ralph C.. Modeling a solar radiation topoclimatology for the Rio Grande River Basin. **Journal Of Vegetation Science**, [S.L.], v. 5, n. 5, p. 627-640, out. 1994.

FEITOSA, S. M. R. et al. Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina – Piauí. **REVSBAU**, Piracicaba (sp), v. 6, n. 2, p.58-75, 2011.

FERNANDEZ, A. **Do Sertão Carioca ao Parque Estadual da Pedra Branca: A Construção Social de Uma Unidade de Conservação à Luz das Políticas Ambientais Fluminenses e da Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UFRJ, tese de doutorado, 2009.

_____. Eu vivo da natureza: resistência e conversão agroecológica de produtores na cidade do Rio de Janeiro. **REDD – Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v.8, n.1 e 2. 2014

FERREIRA, B. et al. Análise Sazonal das Temperaturas Superficiais do Estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E XXVI EXPOSICARTA, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI ExposiCarta**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2017. p. 933 - 937.

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. Topoclimas e uso do solo no município de Viçosa-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 14. **Anais**. São Paulo: AGB, 2008.

_____. Unidades climáticas urbanas: o caso da Ilha do Governador-RJ. *Revista De Ciências Humanas*, v. 10, n.1, p. 26-46, 2010.

_____. |Topoclimatologia: Estudo de Caso do Transeto Ponte Nova-Ubá, Na Zona Da Mata Mineira. **Revista Humboldt**, v.1, n.2, Rio de Janeiro, 2021.

FRÓES, J. N.S.; GELABERT, O. R. E. **Rumo ao Campo Grande por trilhas e caminhos**, 2ª edição, Imprensa gráfica Brunner, Rio de Janeiro, 2005.

GAMEIRO, S. et.al. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terrae**, Ceará, n. 13, p.15-22, 2016.

GANHO, N. Clima urbano e a climatologia urbana: fundamentos e aplicação ao ordenamento urbano. **Cadernos de Geografia**, Coimbra,n. 18, p.97-127, 1999.

GAO, B. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing Of Environment**, [s.l.], v. 58, n. 3, p.257-266, dez. 1996.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de Calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução GONÇALVES, S.H, São Paulo, ed. Oficina de Textos, 2010, 248 p.

GENI; IPPUR (Rio de Janeiro). **A expansão das milícias no Rio de Janeiro: uso da força estatal, mercado imobiliário e grupos armados**. Rio de Janeiro, 2020. 11 p.

GILES, P.T. Remote Sensing and Cast Shadows in Mountainous Terrain. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, p.833-839, 2001.

GODOY, L. B.; BAPTISTA, G. M.M.; ALMEIDA, T. Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados ASTER. In: XIV

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal: Inpe, 2009. p. 699 - 705.

GOMES, H. B. et.al. Temperatura da superfície e albedo na região de Ilha Solteira, São Paulo. **Mercator**, [s.l.], v. 16, n. 8, p.1-16, 15 ago. 2017.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, v. 1, n. 1, p. 29-39, 2003.

GUNDALE, M.J.; WARDLE, D.A.; NILSSON, M. The effect of altered macroclimate on N-fixation by boreal feather mosses. **Biol. Lett.** v. 8, p.805–808, 2012.

GUERRA, A.J.T; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão Ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (orgs.) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 225-256.

GLOBO, J.P.A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C.A. Influência Do Clima Regional Sobre O Clima Local A Partir Do Diagnóstico De Abrangência Espacial E Extrapolação Escalar. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 14, v.22, p. 210-228, 2018.

GRAEFF, O. **Fitogeografia do Brasil: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Nau ed., 2015. 552 p.

HEILBRON, M., et al. A orogênese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 245-266, 1995.

HENNINGER, S. Improvement of the thermal comfort within dense housing complexes. In: HEBBERT, M.; JANKOVIC, V.; WEBB, B. **City weathers: Meteorology and urban design 1950-2010**. University Of Manchester: Manchester Architecture Research Centre, 2011. p. 81-84.

HOLZ, D. J. et al. Soil Erosion in Humid Regions: A Review. **Journal Of Contemporary Water Research & Education**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 48-59, abr. 2015.

HUANG, Y. et.al. Rill erosion processes on a constantly saturated slope. **Hydrological Processes**, [S.L.], v. 34, n. 20, p. 3955-3965, 22 jul. 2020.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences, **International Agrophysics**, v.4, n. 4, pp.367-376, 1988.

_____. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. (Special Issue) *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2, p. 195–213, 2002.

INEA. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Pedra Branca**, INEA, 2013.

IWAMA, A.Y.; LIMA, F. B.; PELLIN, A. Questão fundiária em áreas protegidas: uma experiência no Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), Rio de Janeiro, **Sociedade & Natureza**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 77-93, jan. 2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. São José dos Campos: Parenteses, 2009.

JUSTICE, C. O. et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.36, n.4, p.1228-1249, 1998.

KARGER, D. N. et al. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Scientific Data**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-10, 5 set. 2017.

_____. CHELSA-W5E5 v1.0: w5e5 v1.0 downscaled with chelsa v2.0. *Isimpi*, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 9 jan. 2022.

KAZAY, D. F. et al. Mudança no uso e cobertura do solo e sua influência na temperatura de superfície: um estudo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Curitiba: XVSBSR, 2011. p. 0752 - 0759.

KOLENDOWICZ, L.; BEDNORZ, E. Topoclimatic differentiation of the area of the Słowiński National Park, northern Poland. **Quaestiones Geographicae**, n.1, v.29, p. 49-56, 2010.

KOPEC, R.J. Further Observations of the Urban Heat Island in a Small City, **American Meteorological Society**, U.S. (7), 602 p., Jul. 1970.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981, p.275.

LEMOS, L. O.; OSCAR JÚNIOR, A. C. Campo térmico em episódio de inverno no bairro Bangu, Rio de Janeiro (RJ). **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 41, p. 1-16, 21 jun. 2021.

LIMA, M.L.S. **Vulnerabilidade e Riscos Socioecológicos no Sistema Hidrográfico do Rio do Portinho, Região de Guaratiba no Município do Rio de Janeiro (RJ)**. Dissertação (Mestrado em geografia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2017.

LITTMANN, T.. Topoclimate and Microclimate. **Ecological Studies**, [S.L.], p. 175-182, 2008.

LOMBARDO, M.A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p

LOWRY, W.P. The climates of Cities, *Sci. American*, 217, p.15-23, 1967.

LUCENA, A. J. **O Campo Térmico na Zona Oeste do Rio de Janeiro/RJ: Uma Contribuição ao Estudo do Clima Urbano.** 198fls. Dissertação Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

_____. **A Ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** 2012. 357p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) -Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

_____. Uma Análise de Técnicas nos Estudos de Clima Urbano para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 34, p. 1-35, 15 abr. 2019.

LUMBRERAS, J.F.; GOMES, J.B.V. Mapeamento pedológico e interpretações úteis ao planejamento ambiental do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

MACIEL, M.N.M et al. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 4, n. 1, p. 102 – 114, 2002.

MACHADO, C.C.C. et al. Estimativa do Índice de Área Foliar no Parque Nacional do Catimbau (PE - Brasil) e sua comparação com medições de campo usando o LAI-2200 **Anais in: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

MACHADO, L. A.; ASSIS, W. L. Proposta metodológica de mapeamento de unidades topoclimáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 21, Ano 13, p. 186-204, 2017.

MAGALHÃES, A.C.; OLIVEIRA, R.R. In: OLIVEIRA, R. Etnobotânica, saberes locais e agricultura no contexto de uma floresta urbana do Rio de Janeiro, RJ; FERNANDEZ, A. **Paisagens do sertão carioca: floresta e cidade.** Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2020. p. 163-182.

MAGALHÃES, L. M. S. **Funções e Estrutura da Cobertura Arbórea Urbana**, Seropédica, EDUR, 2004.

MAKHELOUF, A. The Effect Of Green Spaces On Urban Climate And Pollution. **J. Environ. Health. Sci. Eng**, Vol. 6, N. 1, p. 35-40, 2009.

MARTINI, A. et al. O Efeito Microclimático do Fragmento Florestal Existente no Parque Municipal do Barigui na Cidade Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 37, p.125-131, 7 mar. 2015.

MATSON, M.; et.al. Satellite Detection of Urban Heat Islands. **Monthly Weather Review**, [s.l.], v. 106, n. 12, p.1725-1734, dez. 1978. American Meteorological Society.

MAURI, Q. V. Análise temporal da dinâmica florestal em área de reflorestamento por meio de índices de vegetação. **Revista Geográfica Venezuelana**, [s.i.], v. 54, n. 2, p.225-239, fev. 2013.

MENDES, J. V.; ARMOND, N. B.; BIZERRA DA SILVA, L. C. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro – RJ (2015 - 2019). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 30, n. 18, p. 133–155, 2022.

MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo:, Ed Oficina de Textos, 2007, 206 p.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H; OPAZO, D. Análise multiescalar para a compreensão de causas e consequências da variabilidade climática na América do sul. In: SILVA, C.A.; FIALHO, E.S.; STEINKE, E.T. (orgs.) **Experimentos em Climatologia**, Dourados: UFGD, 2014, p.271 – 290.

MONTEIRO, C.A.F. Clima. **Geografia do Brasil**, Grande Região Sul, 2. ed. IBGE, Rio de Janeiro, 1968, p.114-166.

_____. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: IGEOG/USP, 1971

_____. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

_____. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p.7-19, 1990.a

_____. Cidade como processo Derivador Ambiental e a Geração de um Clima Urbano. **Revista GeoSul**, n°9, Ano V, p.75-107, 1° semestre de 1990.b

_____. Teoria e Clima Urbano – um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO. C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). Clima urbano. 1. ed., São Paulo: Contexto, 2003

MONTEZUMA, R.C.M.; PEZZUTO, C.C.; ALBUQUERQUE, C. T. Análise microclimática na interface de áreas vegetadas e edificadas. In: SILVA, C. A. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados: Editora da UFGD, 2014. p. 221-242.

MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNCIO, J. D. Espacialização das temperaturas à superfície na cidade de Recife, utilizando Imagens TM – Landsat 7. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, n. 3, p.101-115, dez. 2007.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** p.58-62, 1995.

NASCIMENTO, P.W.F.; COSTA, V.C. Análise Multicritério Da Suscetibilidade A Inundações Na Bacia Do Rio Grande, Baixada De Jacarepaguá (Município Do Rio De Janeiro), Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, p.1-12.

NEIVA, H.; SILVA, M.S.; CARDOSO, C. Analysis of Climate Behavior and Land Use in the City of Rio de Janeiro, RJ, Brazil. *Climate*, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 52, 14 jul. 2017.

NIMER, E. Climatologia da Região Sudeste do Brasil: introdução à climatologia dinâmica, subsídios a Geografia Regional do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: IBGE, n.1, p. 3-48, 1972.

NOBRE, C. A. et al. Overview of atmospheric conditions during the Smoke, Clouds, and Radiation-Brazil (SCAR-B) field experiment. *Journal of Geophysical Research*, v. 103, n. D24, p. 31809-31820, 1998.

NOVAIS, G.T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.10, n.5, p. 1614-1623, 2017.

_____.; BRITO, J. L. S. ; SANCHES, Fabio de Oliveira. Unidades Climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Parnaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.L.], v. 23, n. 14, p. 223-243, 2018.

_____. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

_____. Classificação Climática aplicada ao Estado de Goiás e Distrito Federal, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.40,2020.

_____.Mescolima do município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 17, v. 28, p. 8-27, 2021.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

OLIVEIRA, M.C. Construção de uma carta para determinação da orientação de vertentes. **Revista IG**, São Paulo, v.5, p. 47-50, 1984.

OLIVEIRA, M. J. et al. História geológica e Ciência do clima: métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. **Terra**, Campinas, v. 12, n. 1, p.03-26, jan. 2015.

OLIVEIRA, E.D. et al. Aspectos Topoclimáticos Da Serra De Itatiaia – Um Esboço Para As Vertentes Da Bacia Hidrográfica Do Rio Preto, MG/RJ. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. n.1, v.7, p.235-252, 2018.

OLIVEIRA, P. J. L. et al. Análise da cobertura vegetal através dos índices NDVI, SAVI e IAF na Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN, Brasileu.Pau. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18., 2019, Fortaleza. Anais [...] . Fortaleza: SBGFA, 2019. p. 1-12.

OLIVEIRA, R. R. When the shifting agriculture is gone: functionality of Atlantic Coastal Forest in abandoned farming sites. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** ,v. 3, p. 213-226, 2008.

_____.; ENGEMANN. C. História da paisagem e paisagens sem história: a presença humana na Mata Atlântica do Sudeste Brasileiro. **Esboços**, Florianópolis, v. 18, n. 25, ago. 2011. p. 9-31.

_____.;FRAGA, J. S. Metabolismo social de uma floresta e de uma cidade: paisagem, carvoeiros e invisibilidade social no Rio de Janeiro dos séculos XIX E XX. **Revista do Departamento de Geografia da PUC-Rio**. Rio de Janeiro, n.7, p. 1-18, 2011.

_____.;FRAGA, Joana Stingel; BERCK, Dean Erick. Uma floresta de vestígios: metabolism social e a atividade de carvoeiros nos séculos XIX e XX no Rio de Janeiro, RJ. **INTERthesis**. Florianópolis, v. 8, p. 286-315, 2011.

OKE, T.R. Boundary layer climates. New York: **Methuen & Co.**, 1978, 435 p.

PEIXOTO, S. A.; LIMA, Tania Andrade. A planície dos muitos engenhos: uma arqueologia da paisagem do sertão açucareiro. In: OLIVEIRA, Rogério; FERNANDEZ, A. Paisagens do sertão carioca: floresta e cidade. Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2020. p. 13-38.

PERIN, E. B. et al. Interpolação das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação: revisão dos métodos mais eficientes. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. 2, p. 269-289, 2015.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

PORTO JÚNIOR. R. **Petrologia das Rochas Graníticas das Serras de Pedra Branca e Misericórdia**, Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Rio de Janeiro, 222fls. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

_____. Petrogênese das Rochas do Maciço da Pedra Branca. Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro, 283fls. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

_____.; TESSER, L.R., DUARTE, B.P. A Origem Do Acamamento Magmático No Granito Pedra Branca, Maciço Da Pedra Branca, Rio De Janeiro, Brasil. **Geociências** São Paulo, UNESP, v. 37, n. 2, p. 237 - 251, 2018.

PRISTO, M. V. J. et al. Climatologia de Chuvas Intensas no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 615-630, 2018.

QUATTROCHI, D. A.; LUVALL, E. C. Thermal infrared remote sensing for analysis of landscape ecological processes: methods and applications. **Landscape Ecology**, p.577-598, fev. 1999.

RAMOS, A. C. F. et al. Sensoriamento remoto aplicado à análise do Índice de Vegetação na microrregião de Santarém – PA (2005 e 2015). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [s.l.], p.5721-5725, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP.

RAO, P.K. Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite. **Bull American Meteor. Soc.**, [s.i.], n. 53, p.647-648,1972.

RIO, G. A. P. Trabalho de Campo na (Re) construção da Pesquisa Geográfica: reflexões sobre um tradicional instrumento de investigação. **Geographia**, [S.L.], v. 13, n. 25, p. 42, 24 jan. 2012.

RIO DE JANEIRO. Plano Diretor da Cidade, Lei complementar nº 111, 2011.

RIBEIRO, A.G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro: v23, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, M.F; FREITAS, M.A.V; COSTA, V.C. O desafio da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra, 2010.

_____. **Análise ambiental aplicada à definição de zona de amortecimento no Parque Estadual da Pedra Branca (Município do Rio de Janeiro, RJ), com base em Geoprocessamento**. 2013. 407f. Tese (Doutorado). Programa de Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROLIM, G.S; SENTELHAS, P.C; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

ROMERO, H; PAIVA, J.C.; OPAZZO, D. Geografia Física Crítica, Topoclimatologia Andina e o Extrativismo Mineiro no Salar de Atacama. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15 – Edição Especial – XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, p. 2-21, 2019.

ROSENBERG, N.J. **Microclimate: the biological environment**. New York: John Wiley, 1974, 315p.

ROSENDO, J. S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; Deering, D. W.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Austin: Texas A. M. University, College Station, 1974.

SALES, G.P.S. et al. Queimando a floresta e obtendo energia: a provisão de lenha para fabricação de carvão nos séculos XIX e XX no Maciço da Pedra Branca In: OLIVEIRA, Rogério et al. Paisagens do sertão carioca: floresta e cidade. Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2020. p. 203-220.

SALVI, L.L. Tipologia Climática do Estado de São Paulo: Segundo técnicas de quantificação. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. 1984.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil**, UNESP/FCT. Tese (Livre Docência), 2001.

_____. O decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 1, v. 1, 2005.

_____. A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. In: SANT'ANNA NETO, João Lima; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; MONTEIRO, Ana. **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. Questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 11-74.

SANTANA, J.P. M. et al. Classificação Climática: Um Estudo Comparativo Entre os Métodos de Köppen e Thornthwaite para o Município do Rio De Janeiro. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9., 2005, São Paulo. Anais [...] . São Paulo: F, 2005. p. 2106-2119.

SANTOS, J. S. et al. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03,p.540-557, 2012.

SANTOS, L.S. Expansão urbana, mercado imobiliário e conflitos de terra no Sertão Carioca (1940-1964). **Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere Moderne**, Università di Bologna, [S.L.], p. 263-281, 2012.

_____. “Essa terra é minha”: Identidades, processos de legitimação e conflitos de terra no sertão carioca (1945-64). **Anos 90**, Porto Alegre, v. 20, n. 38, p. 295-325, dez. 2013.

_____.; DORIA, R.S. A militância comunista numa antiga freguesia rural do Rio de Janeiro: o caso do médico negro Jacinto e os conflitos de terra em Jacarepaguá (1935-1962). **Revista Convergência Crítica**, n. 4, p.194-214, 2014.

SANTOS, M. **A natureza do espaço – Técnica e tempo. Razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS JUNIOR, W. M. Utilização de Geotecnologias no Mapeamento Digital de Uso da Terra e Cobertura Vegetal para o subsídio do Zoneamento Ambiental no Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET, Brasil). In: QUINTA FERREIRA, M.; BARATA, M. T.; LOPES, F.C.; ANDRADE, A. I.; HENRIQUES, M. H.; PENA DOS REIS, R.; IVO ALVES, E. (Org.). **Para Desenvolver a Terra**.1. ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, v. 1, p. 17-531, 2012.

SERAFINI JÚNIOR, S. **Delimitação das Unidades Climáticas Locais no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu**. Dissertação. 190 fls. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de São Paulo, 2005.

_____. **O Microclima de uma Vereda Degradada: Estudo de Caso no Parque Estadual Veredas do Peruaçu – MG**. 140fls. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **O clima do Rio de Janeiro**. Serviço de Meteorologia. Ministério da Agricultura, 1941.

_____. Clima da Guanabara. **Boletim Geográfico**, p.81-111,1943.

SILVA, A.A.F.; JARDIM, C.H. Proposta de Delimitação de Unidades Climáticas a Partir de Técnicas Estatísticas de Análise Multivariada Para Região de UNAÍ-MG. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 112 - 123. 2019.

SILVA, C. A. M. Os desastres no Rio de Janeiro: conceitos e dados. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, [S.L.], n. 8, 15 dez. 2016.

SILVA, L.G.; GALVÍNIO, J.D. Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD – 22, em Petrolina – PE, na Primeira Década do Século XXI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 06, p. 1446-1456, 2012.

SILVA, L. P. ; SILVA, C. P. P. Análise da qualidade das águas do Rio Sacarrão do Parque Estadual da Pedra Branca, Vargem Grande. In: I ENCONTRO CIENTÍFICO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA, 1., 2009, Rio de Janeiro. Anais [...] . Rio de Janeiro: P, 2009

SILVA, M. S. **O campo termo-higrométrico intra-urbano e a formação de ilhas de calor e frescor urbanas no bairro de Campo Grande (RJ)**. 2017. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

_____.; SANTOS, S. V. O.; MARQUES FILHO, J. P. As desigualdades socioambientais e a qualidade de vida: quem são os vulneráveis ambientais? In: CARDOSO, C.; SILVA, M. S.; GUERRA, A. J. T. **Geografia e os riscos socioambientais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 153-172.

SILVA, L.C.; CUNHA, H.C.S. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**, 2º ed., Brasília: CPRM, 2001.

SILVEIRA, D. R.; SARTORI, M. B. Elementos Geocológicos e Geourbanos de São Sepé-Rs, Brasil: Condicionantes para Estudo do Clima Urbano. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial EGAL, Costa Rica, p.1-13, 2011.

SIQUEIRA, F. A. **Os Mistérios do Grumari**. 2ed. Rio de Janeiro: Ed. Lisboa Pfeil, 1997.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, tradução: CONTI, José Bueno. V.18, p.89-94, 2006.

SOUSA, G.M et al. Mapeamento geoecológico da potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca-RJ, Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4433-4440.

SOUZA, A.P.; ESCOBEDO, J.F.. Estimativas da radiação global incidente em superfícies inclinadas com base na razão de insolação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 483-491, 2013.

SOUZA, S. M. et.al. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória -ES. **REVSBAU**, Piracicaba (sp), v. 8, n. 1, p.112-124, 2013.

SOTCHAVA, V. B. **Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão nº 16. São Paulo: IG, USP, 1977.

SCHIAVO, B. N. V. **Métodos para estimativa do índice de área foliar em um fragmento de floresta ombrófila mista montana no estado do Paraná.** 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2016.

SLATER, P.N. **Remote sensing, optics and optical systems.** Massachussets: AddisonWesley, 1980. 575p.

SHENOY, V. et al. Devices Used For Measuring Solar Radiation – A Review, **IOSR Journal of Engineering**, v. 7, p.01-04, 2018.

STATHOPOULOU, M.; CARTALIS C.; KERAMITSOGLU, I. Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: an application to coastal cities of Greece. **J. Remote Sensing**, vol. 25, n°. 12, p.2301–2316, 2003.

SRIVANIT, Manat; HOKAO, Kazunori. Assessing the Impact of Urbanization on Urban: a case Thermal Environment Study of Bangkok Metropolitan. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS)** , v. 9, n. 1, p. 83-100, 2012.

TOMLINSON, C. J. et.al. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review. **Meteorological Applications**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.296-306, 22 ago. 2011.

TUPINAMBÁ, M. et al. Evolução Geológica do Território Fluminense. In: DANTAS, M.E. et al., Geodiversidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: CPRM, 2020, p.17-34.

TURBAY, C. ; PORTO Jr, R.; ESTEVES, A. A Zona de Enclaves na Região da Grota Funda, Rio de Janeiro Uma Abordagem Petrológica e Estrutural. **Revista Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Série Ciências Exatas e da Terra, Riode Janeiro, v. 21, n. 2, p. 45 -54, 2002.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

TSCHOLL, S. et al. Coupling solar radiation and cloud cover data for enhanced temperature predictions over topographically complex mountain terrain. **International Journal Of Climatology**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 23 dez. 2021.

VALLEJO, L.R.; CAMPOS, R.M.; SANTOS JÚNIOR, W.M. Contribuições ao estudo dos conflitos territoriais no Parque Estadual da Pedra Branca In: I ENCONTRO CIENTÍFICO PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA, 1., 2009, Rio de Janeiro. Anais [...] . Rio de Janeiro: p.6-9, 2009.

VOOGT, J.A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, vol.86, p. 370–384, 2003.

WADT, M.F. Floresta Urbana e Clima: uma análise do global ao local nos impactos socioambientais em São Paulo. Tese. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 2019.

WANG, Y. et al. A revisit of direct and diffuse solar radiation in China based on homogeneous surface observations: Climatology, trends, and their probable causes. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, p.1-19, 2020.

WEISSERT, L.F.; SALMOND, J.A.; SCHWENDENMANN, L.. A review of the current progress in quantifying the potential of urban forests to mitigate urban CO2 emissions. **Urban Climate**, [S.L.], v. 8, p. 100-125, jun. 2014.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [s.l.], v. 64, n. 4, p.335-344, jul. 2009.

WOJKOWSKI, J.; CAPUTA, Z. Modelling And Validation Of The Incoming Solar Radiation For Diverse Relief. In: Geographic Information Systems Conference and Exhibition “GIS ODYSSEY 2016”, Perúgia – Italia, 2016.

WOLLMANN, C. A. Variabilidade climática e controles do clima em unidades de conservação: estudo de caso no Parque Estadual de Itapuã, Viamão/RS, sob Domínios Atmosféricos Tropicais. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 Ed. Especial, p. 194–209, 2014.

WOLLMANN, C. A; SIMIONI, J.P.D.; IENSEE, A. C. Atlas Climático Do Taim: Contribuição Ao Estudo Do Clima Em Unidades De Conservação. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, n. 27, p. 30-50, mar. 2016.

YNOUE, R. Y. et al. **Meteorologia: noções básicas**, São Paulo : Oficina de Textos, 2017.

ZAVATTINI, João Afonso. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Brasileira. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, dez. 2000.