





Classificação das unidades climáticas do Maciço da Pedra Branca - Rio de Janeiro, RJ

Michele Souza da Silva ¹  

Vivian Castilho da Costa ²  

Destaques

- A delimitação de unidades climáticas aplicadas em maciços com remanescente florestais.
- Os estudos climáticos como aporte no planejamento e ordenamento territorial das cidades.
- A importância da compreensão do clima em unidades de conservação para o plano de manejo.
- A classificação climática permite o entendimento e identificação dos diversos tipos de climas.

Resumo: Na atualidade, debate-se sobre a importância que o clima exerce na organização da sociedade, e principalmente em relação as mudanças climáticas observadas no século XXI. Assim, compreender as particularidades dos diferentes tipos de climas torna-se relevante para ações de planejamento e mitigatórias. Desse modo, o presente trabalho apresenta a classificação das unidades climáticas, de acordo com Novais (2019), aplicadas ao Maciço da Pedra Branca, localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro – RJ, sendo considerado um importante fragmento florestal em área urbana. A delimitação dos diferentes tipos de climas que foram encontrados no maciço correlaciona-se com os dados referentes à radiação solar global e temperatura superficial. A pesquisa contou com as etapas de elaboração do mapeamento de radiação solar global e a temperatura superficial, e posteriormente foram realizadas as delimitações das unidades, conforme as hierarquias estabelecidas por Novais (2019). Os resultados encontrados demonstraram as diferenças de temperatura e umidade nas vertentes leste, oeste e norte do maciço. As vertentes oeste e norte apresentaram climas mais secos, enquanto a vertente leste com predomínio de climas mais úmidos.

Palavras-chave: Unidades climáticas; Maciço da Pedra Branca; maciços costeiros; fragmentos florestais; temperatura superficial.

¹ Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

² Professora Associada do Departamento de Geografia Física do Instituto de Geografia (IGEOP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).



CLASSIFICATION OF THE CLIMATIC UNITS OF THE PEDRA BRANCA MASSIF - RIO DE JANEIRO, RJ

Abstract: The importance of climate in the organization of society is currently under debate, especially in relation to climate change in the 21st century. Therefore, understanding the particularities of different types of climate becomes relevant for planning and mitigation actions. Hence, this paper presents the classification of climate units, according to Novais (2019), applied to the Pedra Branca Massif, located in the west zone of the municipality of Rio de Janeiro - RJ, considered an important forest fragment in an urban area. The delimitation of the different types of climate found in the massif is correlated with global solar radiation and surface temperature data. The research included the stages of mapping global solar radiation and surface temperature, and then the delimitation of the units according to the hierarchies established by Novais (2019). The results showed differences in temperature and humidity on the eastern, western and northern slopes of the massif. The western and northern slopes presented drier climates, while the eastern slope was dominated by wetter climates.

Key words: Climatic units; Pedra Branca Massif; coastal massifs; forest fragments; surface temperature.

CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES CLIMÁTICAS DEL MACIZO DE PEDRA BRANCA - RIO DE JANEIRO, RJ

Resumen: La importancia del clima en la organización de la sociedad es actualmente objeto de debate, especialmente en relación con el cambio climático en el siglo XXI. Por lo tanto, la comprensión de las particularidades de los diferentes tipos de clima se vuelve relevante para la planificación y las acciones de mitigación. Por ello, en este trabajo se presenta la clasificación de las unidades climáticas, según Novais (2019), aplicada al Macizo de Pedra Branca, localizado en la zona oeste del municipio de Río de Janeiro - RJ, considerado un importante fragmento forestal en un área urbana. La delimitación de los diferentes tipos de clima encontrados en el macizo se correlaciona con datos de radiación solar global y temperatura superficial. La investigación incluyó las etapas de mapeo de la radiación solar global y la temperatura de la superficie, y luego la delimitación de las unidades de acuerdo con las jerarquías establecidas por Novais (2019). Los resultados mostraron diferencias de temperatura y humedad en las vertientes oriental, occidental y septentrional del macizo. Las vertientes occidental y septentrional presentaban climas más secos, mientras que en la vertiente oriental predominaban los climas más húmedos.

Palabras clave: Unidades climáticas; Macizo de Pedra Branca; macizos costeros; fragmentos de bosque; temperatura de la superficie.

INTRODUÇÃO

O clima é dinâmico e está em constante processo de interação com a organização do espaço, a partir dos aspectos geoambientais que incluem os elementos naturais e os construídos pelas atividades humanas, sendo parte de um sistema complexo, estruturado e interativo (Monteiro, 2003).

Os maciços costeiros da região sudeste apresentam particularidades em relação ao clima, suas vertentes, a partir da orientação, recebem a radiação solar de forma desproporcional, ao mesmo tempo que a circulação dos ventos, a umidade e as temperaturas tornam-se diferenciadas resultando em condições climáticas distintas, desse modo a cobertura vegetal será afetada por tais condições.

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, apresentam aspectos distintos em relação 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 (Costa, 1986, 2002), o que lhe confere a existência de um importante remanescente de Mata Atlântica que justifica a delimitação de Unidades de Conservação (UCs), como o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) que está demarcado a partir da cota 100 metros.

Assim, os estudos que possam inferir e diagnosticar os climas existentes podem subsidiar as ações de planejamento urbano e no plano de manejo das UCs existentes, que muitas vezes apresentam informações genéricas sobre o clima. A ausência de análises climáticas das UCs podem prejudicar o correto manejo, pois as peculiaridades em relação a insolação e a termo-higrometria são capazes de subsidiar os projetos de reflorestamento das encostas, mitigação dos incêndios florestais, e o ordenamento e zoneamento ambiental.

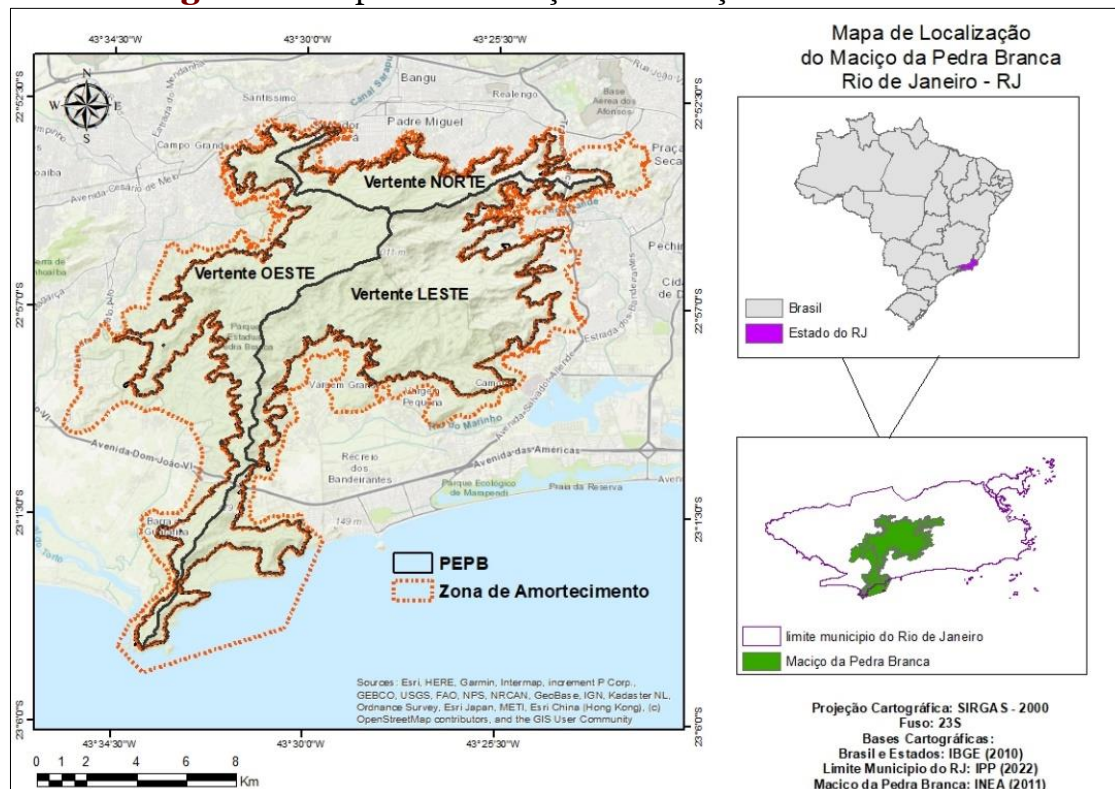
O presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma análise sobre a classificação climática, com a delimitação das unidades climáticas, de acordo com a classificação de Novais (2017, 2018, 2019,2021), correlacionando com as demais análises da radiação solar global e a temperatura superficial encontradas no Maciço da Pedra Branca.

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DO MACIÇO DA PEDRA BRANCA

O maciço da Pedra Branca, localizado na zona oeste do município do Rio de Janeiro (Figura 01), possui 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 UC do PEPB foi criada por lei estadual em 28 de junho de 1974. 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.

Figura 1 - Mapa de localização do Maciço da Pedra Branca

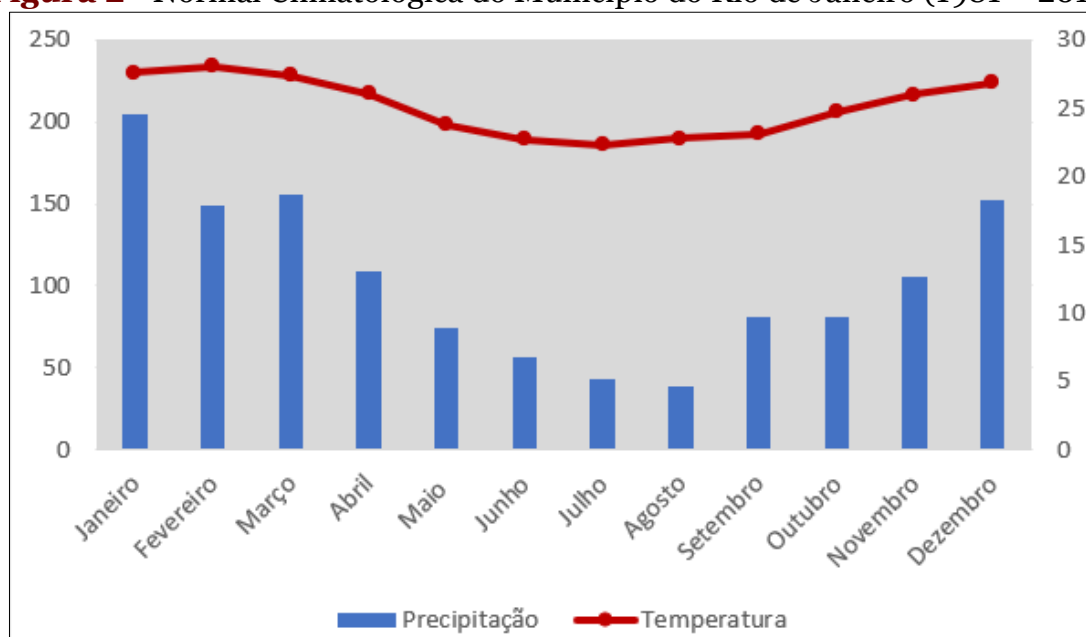


Fonte: INEA (2011); IBGE (2010); IPP (2022).

O município do Rio de Janeiro apresenta uma complexidade, principalmente devido a 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).

A Figura 2 apresenta as médias compensadas de temperatura e precipitação durante o período de 1981 a 2010. A partir das informações da normal climatológica, nota-se que os meses com maior acumulado de precipitação vão de dezembro a março. As temperaturas variam de 25° C a 30° C no verão (dezembro a março) e durante os meses de inverno as médias não são inferiores a 20°C.

Figura 2 - Normal Climatológica do Município do Rio de Janeiro (1981 – 2010)



Fonte: INMET (2022).

Na classificação climática de Köppen identificam-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.

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 se encontra 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.

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.

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 e Barata, e à noroeste (vertente norte) pelas serras do Lameirão e Viegas. À sudeste (vertente leste) temos a serra do Sacarrão, Santa Bárbara e Nogueira (Costa, 1986, 2002).

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 composição da vegetação do maciço, de acordo com o levantamento realizado pelo Instituto Pereira Passos (IPP), no ano de 2018, 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. Dentre as classes elaboradas pelo IPP, no Maciço da Pedra Branca, nota-se na vertente norte uma vegetação gramíneo-lenhosa e com vários pontos de

reflorestamento. A vegetação ombrófila densa ocupa a maior porção da vertente leste, e as áreas de uso agrícola concentram-se na vertente oeste.

MATERIAL E MÉTODOS

As etapas metodológicas para elaboração dos resultados constituíram nas aquisições de imagens do satélite Landsat e o processamento dos dados no software ArcGis, que subsidiaram a compreensão das unidades climáticas no maciço da Pedra Branca.

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).

Na construção das informações referentes à Radiação solar global (RSG), inicialmente foi adquirida de uma imagem SRTM com o Modelo Digital de Elevação (MDE) no site da EMBRAPA. Posteriormente, as etapas de elaboração dos dados incluíram o uso da 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.

Para geração dos mapas 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.

Estimativa da temperatura de superfície

A aquisição das imagens ocorreu através da plataforma da USGS³, da coleção nível do 2 dos satélites Landsat 5 e Landsat 8. Optou-se por imagens considerando os meses chuvosos (verão e outono) e os meses secos (inverno), no

³ Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2>. Acesso em 20 out. de 2021

período de 1990 até 2020, selecionando imagens de cada década. Assim, as datas das imagens correspondem a 07/11/1990, 14/08/2000, 26/08/2010 e 05/08/2020, para os meses secos. E para os meses chuvosos as imagens dos dias 12/03/1990, 28/02/2000, 20/04/2010 e 15/04/2020.

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.

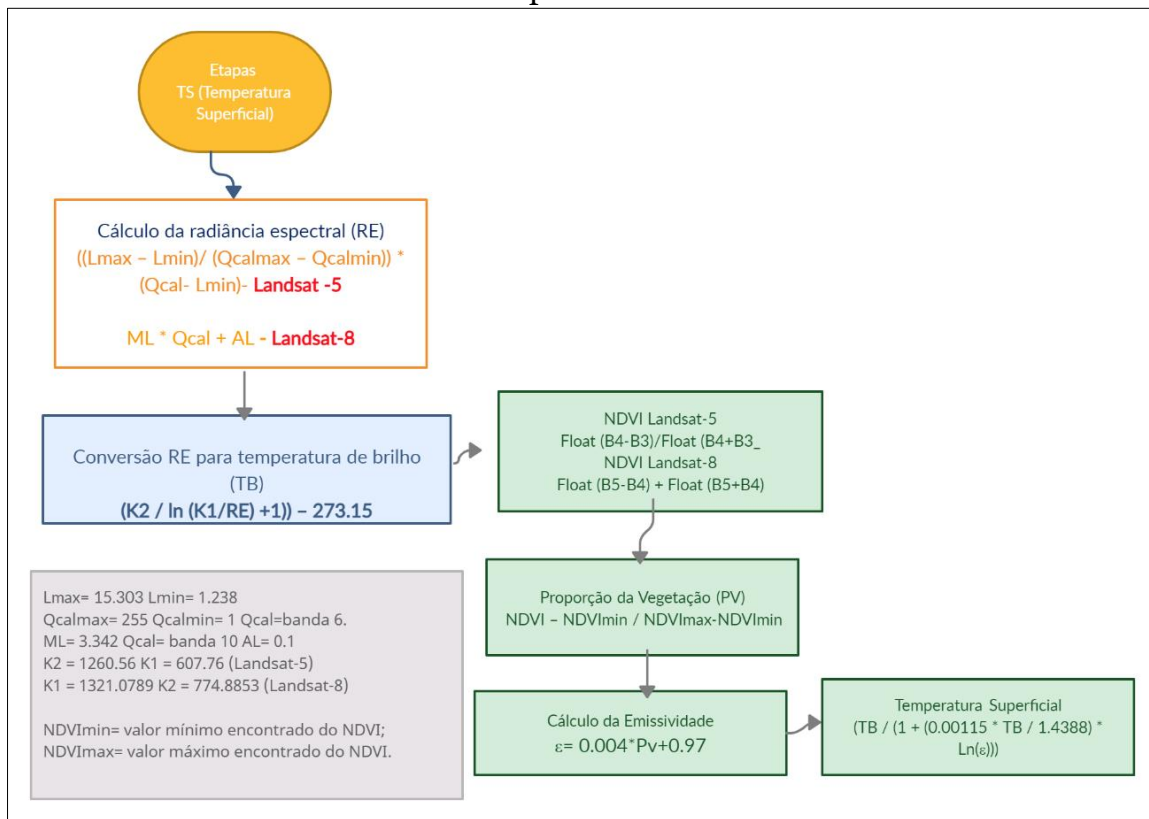
Contudo, Barsi *et al.* (2014) ressalta que foram realizadas melhorias nas coleções do nível 2 do Landsat 5 e 8, através do aprimoramento das correções radiométricas. O sensor TIRS do Landsat-8 passou por correções para o efeito de striping TIRS, que apresentou erros na calibração radiométrica por conta da luz difusa, a partir de 2017 foram realizados os ajustes das imagens, corrigindo tais efeitos.

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).

Posteriormente, as imagens foram reprojetaadas para fuso 23S, no Datum Sirgas 2000.

Após, as correções e preparo das imagens, foram seguidas as etapas, conforme observa-se na Figura 3 para a obtenção da temperatura superficial.

Figura 3 - Etapas e aplicação das equações na elaboração da temperatura superficial



Fonte: As autoras (2022).

As equações que constam no fluxograma na Figura 3 foram desenvolvidas no ArcGIS 10.4, ArcToolbox>Spatial Analyst Tools>MapAlgebra>Raster Calculator.

Delimitação 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.

Na classificação é necessário inicialmente obter os dados referentes a temperatura e precipitação, com as médias que possam corresponder a um período de trinta anos, no mínimo. O Maciço da Pedra Branca não dispõe de uma extensa rede de estações e dados meteorológicos que pudessem subsidiar a

delimitação das unidades climáticas. Portanto, como alternativa, utilizou-se o CHELSA (*Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*), que disponibiliza dados meteorológicos para todas as regiões do mundo, a partir de arquivos no formato *raster. Cada pixel do arquivo 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 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).

A partir das imagens foram selecionados 86 pixels dentro do maciço, para a obtenção das médias de temperatura e pluviosidade dos meses de janeiro a dezembro, no período de 1979 a 2013, auxiliando na identificação da TMMMF e dos meses secos.

O mês de julho configurou-se como o mais frio para a construção do mapa da TMMMF que foi dividido 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.

Para definição dos meses secos realizou-se o balanço hídrico, com a Evapotranspiração Potencial (ETP). Os dados de temperatura e precipitação do CHELSA foram inseridos na planilha de balanço hídrico elaborada por Rolim *et al.* (1998) que foi formulada com base no método proposto por Thorntwaite e Mather (1955). A planilha calcula a ETP (Evapotranspiração Potencial), indicando os valores negativos que são considerados os meses secos.

De posse das informações referentes a TMMMF e os meses secos, inicia-se a delimitação das unidades climáticas, seguindo as etapas hierárquicas, estabelecidas na metodologia de Novais (2019), foi possível prosseguir até a 6^a

hierarquia, com: Zona Climática; Clima Zonal; os Domínios; os Subdomínios; o Tipo e os Subtipos.

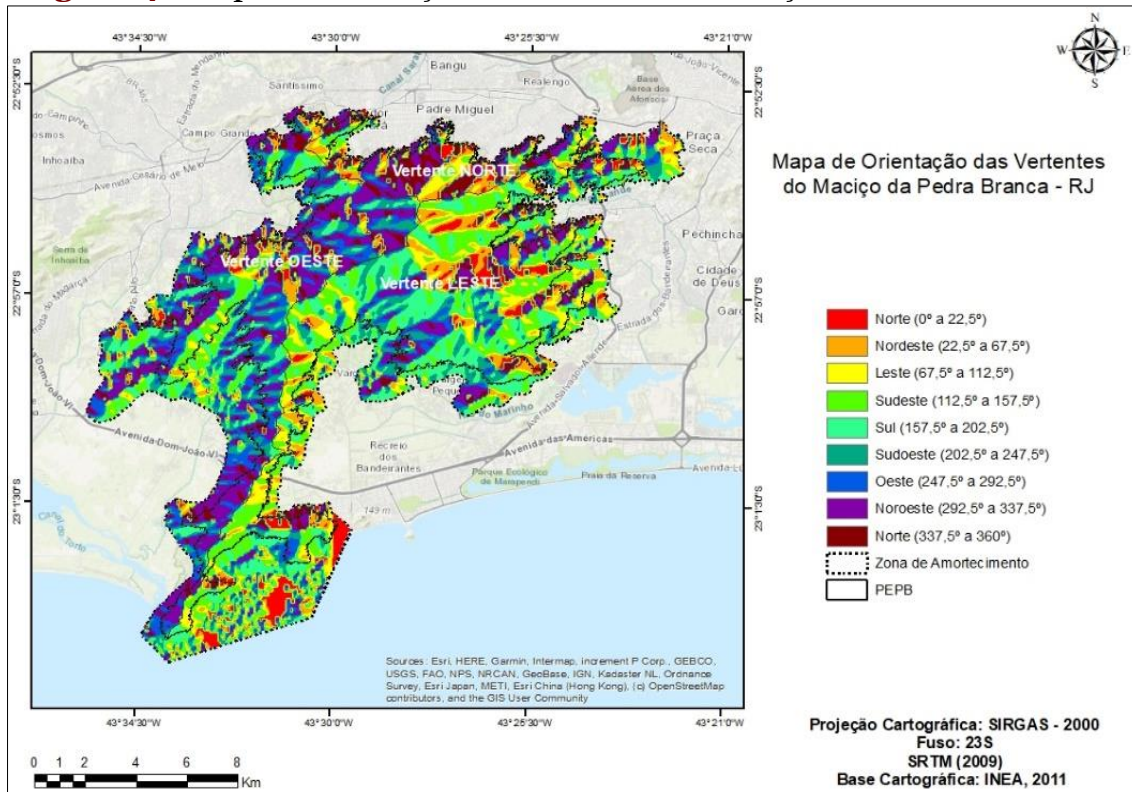
Na delimitação da última hierarquia, os subtipos, foi necessário utilizar a classificação das unidades geomorfológicas do IBGE (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A incidência e a recepção da radiação solar influenciam na temperatura, na umidade relativa do ar, no excedente e déficit hídrico, e no desenvolvimento da vegetação. Em relevos de maiores altitudes, como os maciços, as vertentes receberão de forma diferenciada uma quantidade de radiação, de acordo com a sua orientação, o que também irá resultar na diversidade no que tange aos processos climáticos. Conforme menciona Wojkowski e Caputa (2016), a variação de um relevo irá refletir nas diversas incidências de radiação.

Na Figura 4 observa-se a orientação das vertentes no maciço, a cor vermelha representa o norte, que recebe maior insolação, enquanto os tons de verde claro e mais escuro foram aplicados para as vertentes sul e sudoeste demonstram a recepção de menor insolação. Destarte, verifica-se uma distribuição das 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.

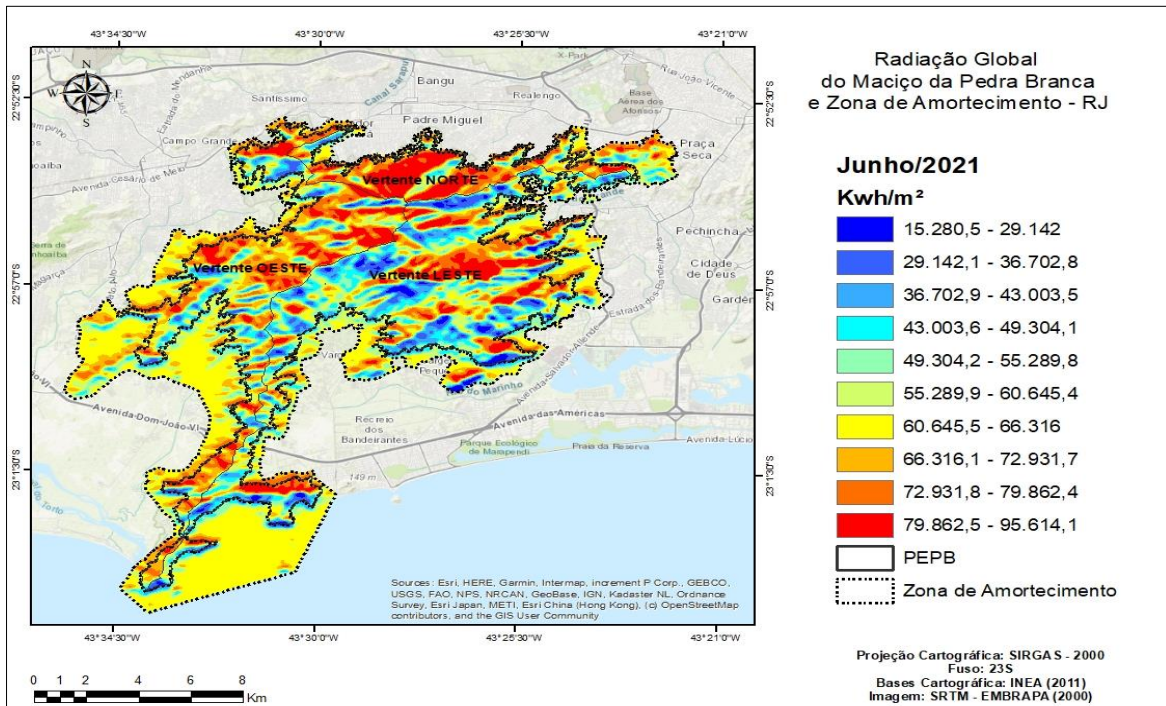
Figura 4 - Mapa de orientação das vertentes do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: EMBRAPA (2009).

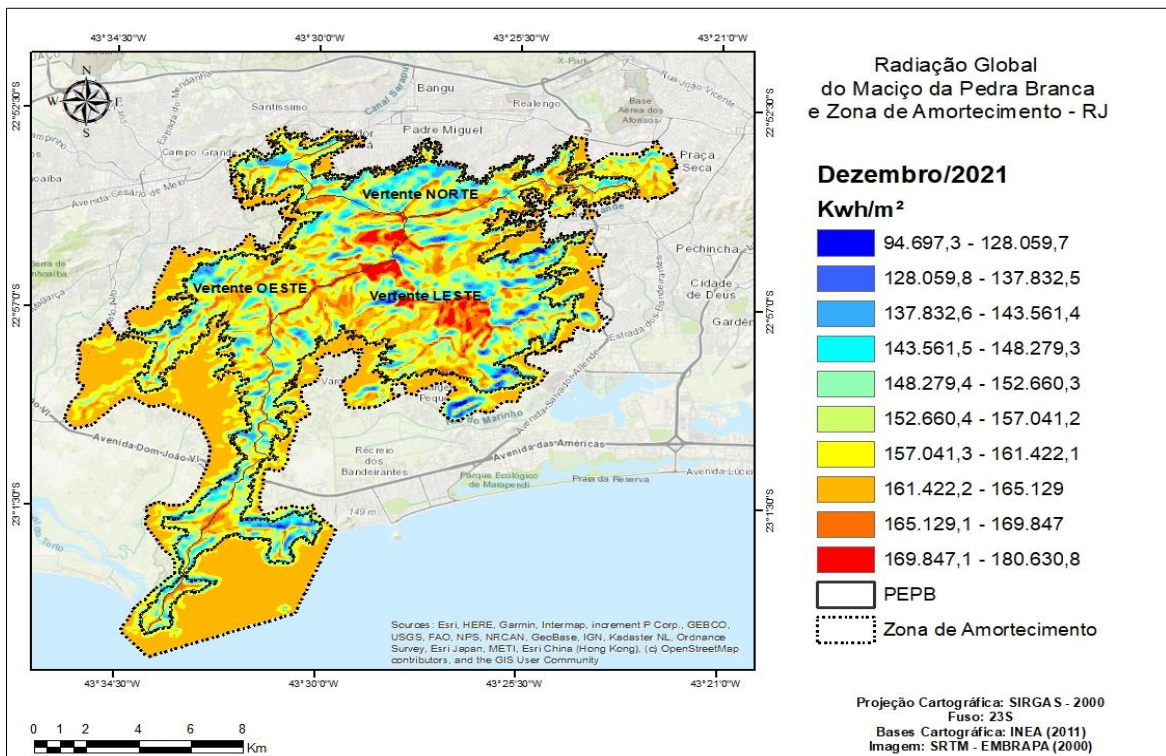
A quantidade de energia, a irradiância, tem como unidade de medida Kwh/m². Nas Figuras 5 e 6, correspondentes a radiação global no mês de junho e dezembro, respectivamente, observa-se as variações na quantidade de irradiância que incide nas vertentes do maciço.

Figura 5 - Radiação Global do Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento em Junho de 2021



Fonte: SRTM- EMBRAPA (2009)

Figura 6 - Radiação Global do Maciço da Pedra Branca e Zona de Amortecimento em dezembro de 2021



Fonte: SRTM- EMBRAPA (2009).

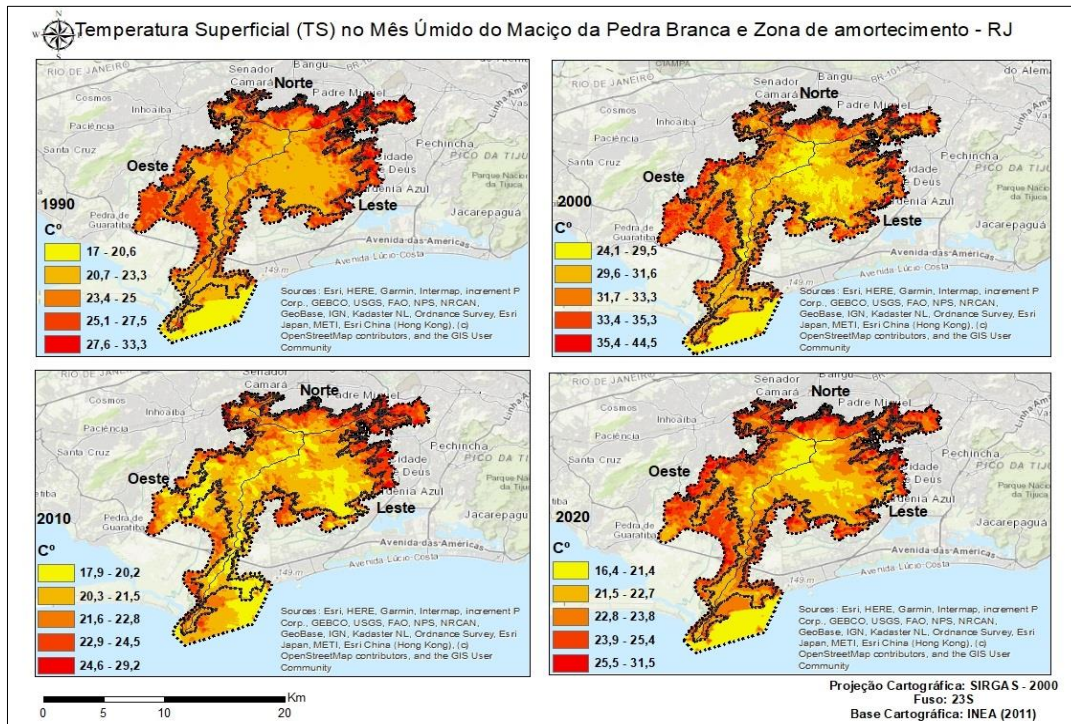
Os valores espacializados no mês de junho mostraram variações entre 15.280,5 a 95.614,1 Kwh/m². As maiores escalas de irradiância são encontradas na vertente norte, entre 79.862,5 Kwh/m² e 95.614,1 Kwh/m², seguida da vertente oeste. Em termos de quantidade, observa-se que a vertente leste recebe menor 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.

Temperatura superficial do maciço da Pedra Branca

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 Bourdary 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 e os pontos mais quentes propícios na formação das ilhas de calor (Lucena, 2019).

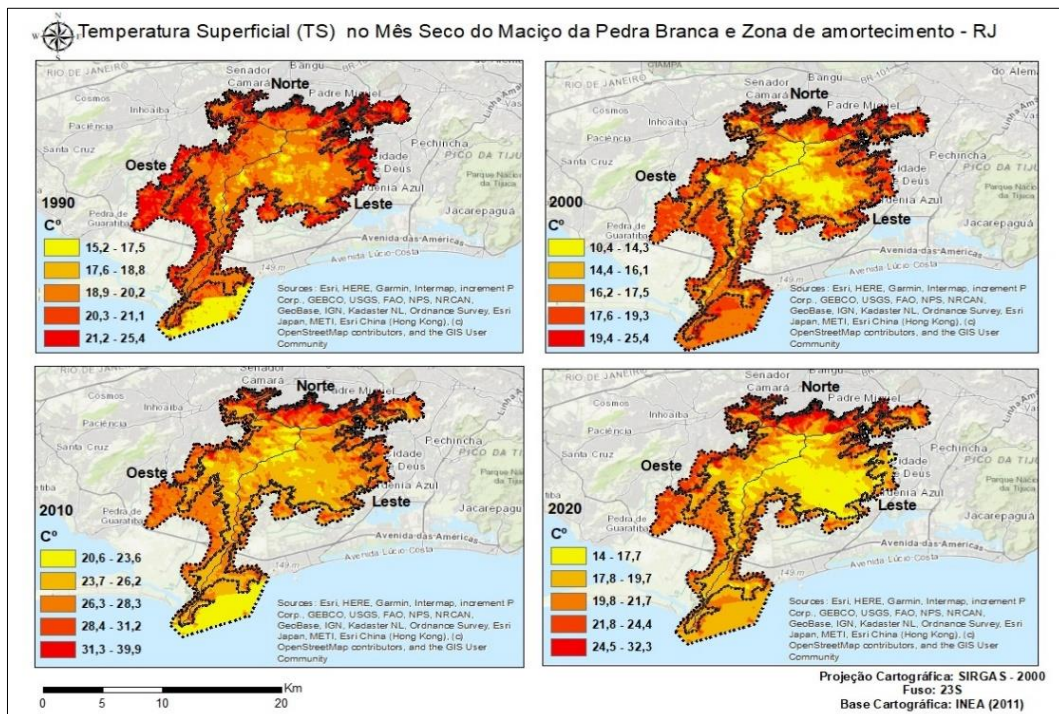
Os resultados obtidos através do mapeamento da TS no maciço (Figuras 7 e 8), além de demonstrar o comportamento da temperatura nas vertentes, também subsidiaram as análises das delimitações das unidades climáticas, corroborando com as informações que foram identificadas nos diferentes tipos climáticos encontrados.

Figura 7 - Temperatura Superficial (TS) no mês úmido no Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Fonte: Landsat -5 e Landsat-8.

Figura 8 - Temperatura Superficial (TS) no mês seco no Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Fonte: Landsat -5 e Landsat-8.

Observando os dois mapas (Figuras 7 e 8) durante os meses úmidos e secos, nota-se uma grande variação nas temperaturas, que apresentaram valores entre 17°C e 45°C nos meses úmidos, que correspondem ao verão. E, entre 10°C e 33°C nos meses secos, que abrangem o inverno.

Quanto a distribuição das temperaturas, identifica-se que a zona de amortecimento registra temperaturas mais elevadas, o que pode ser explicado pela ocupação urbana, a densidade de construções e o desmatamento, promove como resposta a captação de temperaturas maiores. Enquanto, próximo ao pico do maciço, as temperaturas mostram-se menores.

Dentre todas as vertentes, a vertente leste apresentou menores temperaturas, tal resultado justifica-se pela densidade arbórea e a sua face ser voltada para o mar, ocasionando maior recepção de umidade. No entanto, as vertentes norte e oeste, destacam-se com as temperaturas superficiais mais elevadas.

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, estação do inverno, que 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, justificando a identificação da TS mais baixa.

UNIDADES CLIMÁTICAS DO MACIÇO DA PEDRA BRANCA

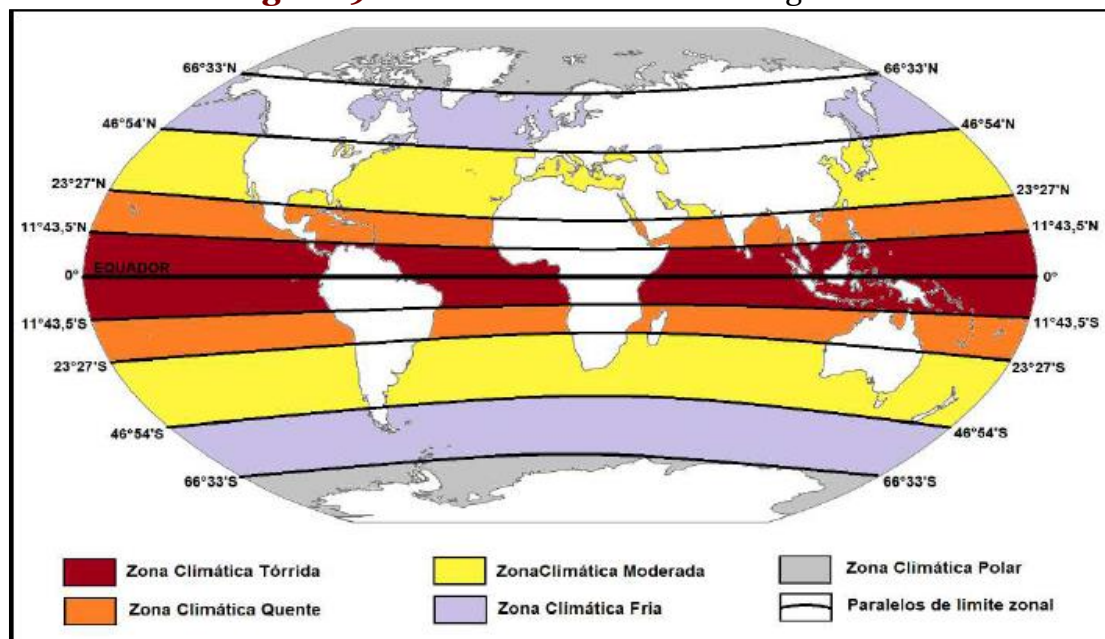
As médias de temperatura fornecidas pelo CHELSA foram importantes para determinação da TMMMF, essa informação é a etapa crucial para a delimitação do clima zonal, dos domínios. Na definição das demais hierarquias: os subdomínios, o tipo e os subtipos, faz-se necessário a ETP e as unidades geomorfológicas.

Na delimitação da zona climática e do clima zonal Novais (2017, 2019) definiu como parâmetros: o ângulo que sol faz a zênite local, que estará afetando 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.

Na Figura 9 temos a definição das zonas climáticas considerando as latitudes:

Figura 9 - Zonas climáticas da terra segundo Novais.



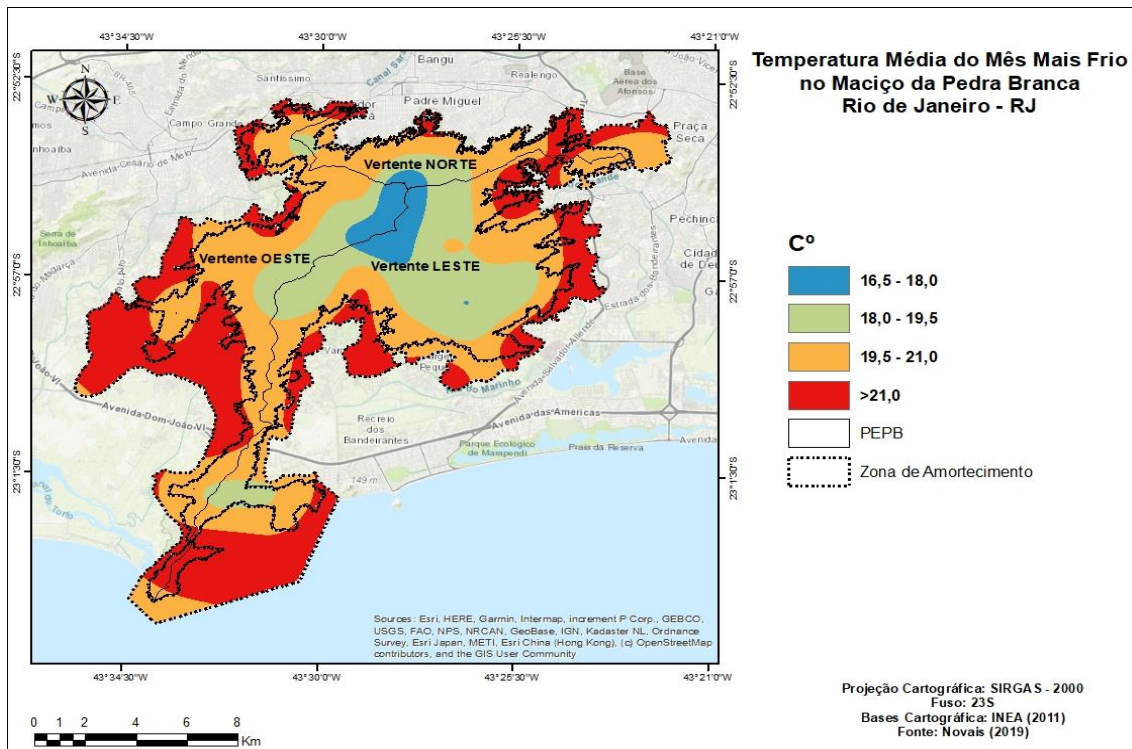
Fonte: Novais (2019, p. 70).

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 $46^{\circ} 54''$. Portanto, dentro da primeira hierarquia da classificação climática, o maciço da Pedra Branca está na zona climática quente.

No clima zonal existem três tipos que são identificados no Brasil, considerando a TMMMMF, Novais (2018, 2019) os define como: Tórrido, o Quente e o Moderado. As escalas de temperatura variam de: acima de $22,5^{\circ}\text{C}$ para o Tórrido; 15°C a $22,5^{\circ}\text{C}$ para o Quente; e 0°C a 15°C para o Moderado.

No estabelecimento da TMMMF para o maciço da Pedra Branca (Figura 10) encontrou-se como o mês mais frio, o mês de julho, as temperaturas possuem variações de 16°C a 21°C. Mediante aos dados encontrados, dentro da escala de variação da TMMMF para o clima zonal, o maciço classifica-se no clima zonal quente.

Figura 10 - Temperatura média do mês mais frio (TMMMF) no Maciço da Pedra Branca



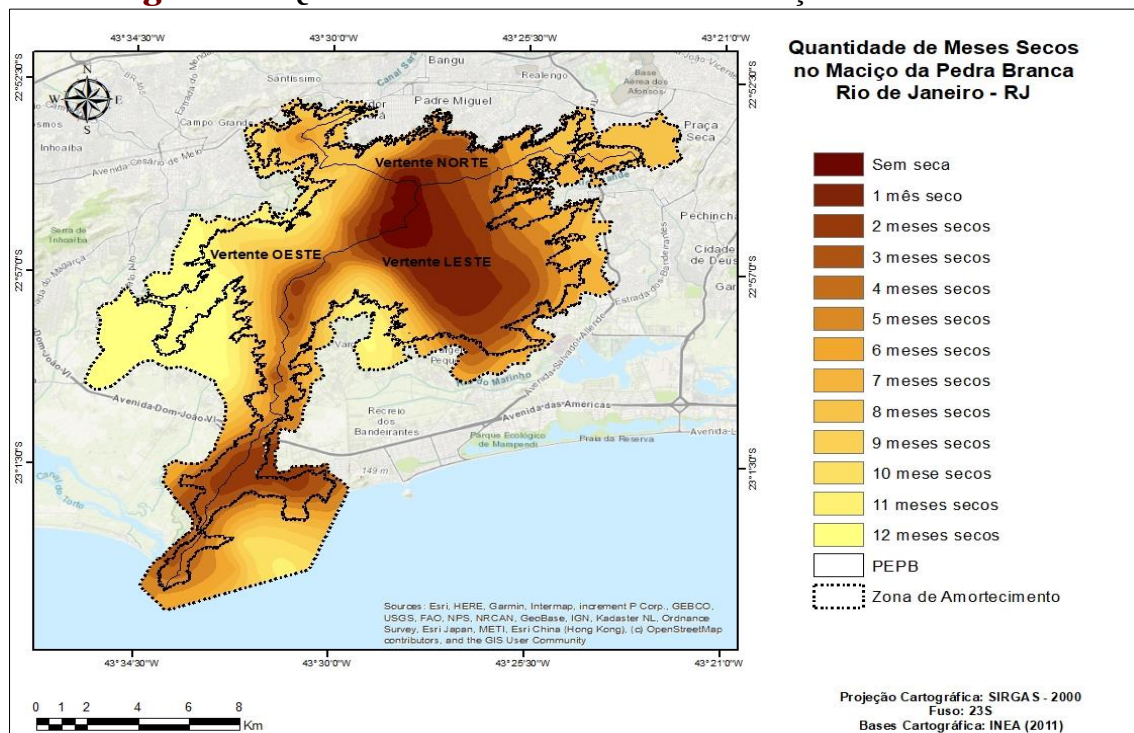
Fonte dos dados de temperatura: CHLSA (1979-2013).

Os domínios, incluem-se na terceira hierarquia da classificação, considerando a TMMMF, identifica-se no maciço: o tropical ameno (nas proximidades do pico do maciço, com TMMMF entre 16,5 °C e 17,4°C); o tropical (na maior porção do maciço, nas vertentes leste, norte, e oeste, com TMMMF entre 18°C e 21,4°C). O domínio semiárido é o único que utiliza a ETP como parâmetro, tal domínio foi encontrado na vertente oeste, em uma área localizada no bairro de Guaratiba, com 12 meses secos.

A ETP com a quantidade meses secos para cada área do maciço (Figura 11), observa-se que a vertente leste é a mais úmida com menos meses secos e a

vertente oeste é mais seca, com uma maior quantidade de meses secos no ano. A diferença entre a precipitação e a ETP 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.

Figura 11 - Quantidade de meses secos do Maciço da Pedra Branca - RJ



Fonte: Balanço Hídrico de Rolim *et al.* (1998).

Segundo Novais (2019) a definição dos subdomínios deve estar 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). Quando se têm 12 meses secos em uma região ou área, considera-se que a sua classificação enquadra-se no domínio semiárido. A classificação dos subdomínios faz parte da 4ª hierarquia.

No maciço os subdomínios estão separados em: subdomínio úmido, encontrado nas maiores cotas altimétricas, próximo ao pico do maciço; subdomínio semiúmido localiza-se na maior porção da vertente leste e em parte da vertente norte, próximo ao bairro de Bangu; o subdomínio semisseco, podem

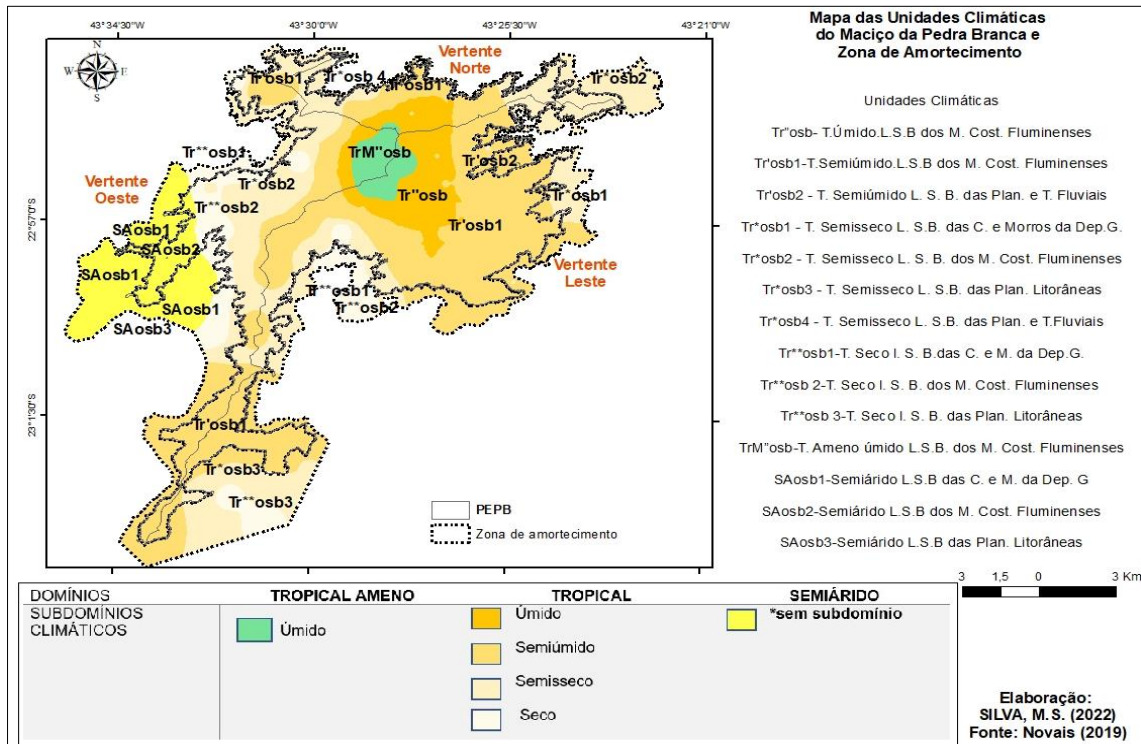
ser encontrados nas cotas altimétricas entre 500 e 300 metros na vertente oeste. E, na maior parte da zona de amortecimento; o subdomínio seco, está mais concentrado na vertente oeste, nas áreas que correspondem aos bairros de Campo Grande até o início de Guaratiba. Contudo, notam-se algumas áreas localizadas na praia de Grumari e próximo ao bairro de Vargem Grande, que diferente da maior parte da vertente leste, apresentaram áreas que superam os 8 meses secos; e com 12 meses secos a classificação corresponde ao domínio semiárido, encontrado em grande parte da vertente próxima ao bairro de Guaratiba.

Na quinta hierarquia temos os tipos climáticos, considerando a classificação do Novais (2021), o Maciço da Pedra Branca, faz parte do tipo 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 TMMMMF e a 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, as planícies litorâneas, e as planícies e terraços fluviais.

A Figura 12 apresenta o mapeamento da delimitação das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca, com os domínios, os subdomínios e os subtipos. Os subtipos iniciados pelas letras Tr, são os Tropicais, e os iniciados com as letras SA, são os semiáridos.

Figura 12 - Mapa das Unidades Climáticas do Maciço da Pedra Branca e zona de amortecimento - RJ



Elaboração: As autoras (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.

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 TMMMF entre 18,2°C e 19,6°C e pluviosidade média anual de 1446 a 1761 mm.

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.

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.

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. 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.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fragmentos florestais urbanos são ambientes importantes dentro de uma cidade, necessitam ser conservados, uma vez que apresentam fragilidades decorrentes das ações antrópicas predatórias. O maciço da Pedra Branca enfrenta como um de seus principais problemas, o avanço da urbanização sobre as suas vertentes, ocasionando a perda da cobertura vegetal e de várias espécies da fauna.

Apesar da relevância das florestas urbanas, estudos referentes as condições climáticas e classificações climáticas, com análises que abrangem esse recorte espacial, ainda são escassos. Na maior parte das vezes ocorrem generalizações, com uma caracterização climática em escala macro, sem que de fato ocorra um entendimento sobre o comportamento do clima no interior e no entorno da floresta.

Assim, o presente trabalho apresentou aspectos que podem auxiliar no entendimento climático do maciço da Pedra Branca, sobretudo no que tange a diferenciação da incidência de radiação solar, temperatura e umidade nas suas vertentes, que resultam em diversos tipos de composição e estratos vegetais.

No maciço notou-se que a distribuição a radiação solar global tem maior irradiância durante o inverno na vertente norte, no mês de junho. No mês de dezembro, as vertentes leste e oeste recebem mais irradiância. As temperaturas superficiais mostraram-se menores tanto nos meses secos como úmidos nas proximidades do pico e na vertente leste do maciço. As vertentes norte e oeste apresentaram temperaturas superficiais mais elevadas.

Na delimitação das unidades climáticas, de acordo com a classificação de Novais (2019). A área próxima ao pico do maciço possui o domínio tropical ameno, com maior umidade e menores temperaturas. Os domínios tropicais úmidos e semiúmidos foram encontrados na vertente leste. As vertentes oeste e norte, possui o predomínio dos domínios tropicais semissecos e secos. E, nas proximidades do bairro de Guaratiba, o domínio semiárido.

Os resultados encontrados a partir do comportamento climático no maciço da Pedra Branca foram considerados relevantes e com sucesso na utilização de técnicas de geoprocessamento para as análises espaciais da delimitação das

unidades climáticas, podendo subsidiar as ações de planejamento urbano territorial no município do Rio de Janeiro, na elaboração e ou na revisão do plano de manejo das unidades de conservação que existem no maciço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARSI, J.A.; LEE, K.; KVARAN, G.; MARKHAM, B.L.; PEDELTY, J.A. The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. **Remote Sens.** 2014, 6, 10232-10251.

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.

COSTA, N. M. C. da. **Geomorfologia estrutural dos maciços litorâneos do Rio de Janeiro.** 1986. 108 f. Rio de Janeiro. (Dissertação em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

COSTA, N. M. C. da. **Análise Ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, por Geoprocessamento: Uma Contribuição ao seu Plano de Manejo.** 2002. 317 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

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. 325 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

KARGER, D. N; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, P. H.; KESSLER, M. 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.

KARGER, D. N; LANGE, S.; HARI, C.; REYER, C. P. O.; ZIMMERMANN, N. E.; 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.

LUCENA, A. J. **O Campo Térmico na Zona Oeste do Rio de Janeiro/RJ: Uma Contribuição ao Estudo do Clima Urbano.** 2005. 198fls. (Dissertação Mestrado Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LUCENA, A. J. 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.

- MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.
- MONTEIRO, C.A. F. 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.
- 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.
- NOVAIS, G.T.; 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.
- NOVAIS, G. T. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2019.
- NOVAIS, G. T. Mescolima do município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 17, v. 28, p. 8-27, 2021.
- OKE, T.R. Boundary layer climates. New York: **Methuen & Co.**, 1978, 435 p.
- PRISTO, M. V. J.; DEREZYNSKI, C. P.; SOUZA, P. R. de.; MENEZES, W. F. Climatologia de Chuvas Intensas no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 33, n. 4, p. 615-630, 2018.
- RIBEIRO, M.F **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.
- ROSENBERG, N.J. **Microclimate: the biological environment**. New York: John Wiley, 1974, 315p.
- SLATER, P.N. **Remote sensing, optics and optical systems**. Massachussets: AddisonWesley, 1980. 575p.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

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.

Recebido em 22 de fevereiro de 2024
Aceito em 03 de setembro de 2024