

**PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (PEPB-RJ): UMA
ANÁLISE ASSOCIATIVA DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COM A
TEMPERATURA SUPERFICIAL**

*PEDRA BRANCA STATE PARK (PBST-RJ): AN ASSOCIATIVE ANALYSIS
OF THE VEGETATION INDEX WITH THE SURFACE TEMPERATURE*

Michele Souza da Silva¹

Vivian Castilho da Costa²

RESUMO: O Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) é uma importante unidade de conservação para o município do Rio de Janeiro (RJ), localizada na zona oeste, no maciço da Pedra Branca, essa possui em seu entorno diversos bairros que estão inseridos em sua zona de amortecimento. Por estar em uma área urbana, é afetada constantemente pela pressão de expansão da cidade com o aumento das construções urbanas, ampliando o desmatamento e intensificando a degradação do ambiente. O objetivo deste trabalho é estabelecer o índice de vegetação (NDVI e SAVI) e a temperatura de superfície (TS) do limite do PEPB e sua zona de amortecimento, em dois períodos: 02/03/1998 e 25/03/2018, usando respectivamente, imagens do Landsat-5 e Landsat-8, para assim realizar uma análise comparativa entre o NDVI e o SAVI com a TS. Os resultados encontrados mostraram que ocorreu um aumento da densidade de vegetação no interior do limite do parque, porém ocorreu um aumento da urbanização na zona de amortecimento. Em relação a correlação da vegetação com a TS, a espacialização dos dados nas imagens mostrou que as áreas vegetadas mostram temperaturas menores quando comparadas com as áreas urbanizadas.
PALAVRAS-CHAVE: Parque Estadual da Pedra Branca. Índice de vegetação. Temperatura de superfície.

ABSTRACT: The Pedra Branca State Park (PBST) is an important conservation unit for the municipality of Rio de Janeiro - RJ, located in its western zone, in the Pedra Branca massif, which has several neighborhoods in its surroundings that are part of its buffer zone. Since it is in an urban area, it is constantly affected by the expansive pressure of the city with the increases in urban constructions, expanding deforestation and intensifying environmental degradation. The objective of this work is to establish the vegetation index (NDVI and SAVI) and surface temperature (ST) of the boundary between PEPB and its buffer zone during two periods: 02/03/1998 and 25/03/2018, using Landsat-5 and Landsat-8 images, respectively, to make a comparative analysis between NDVI and SAVI with ST. The results revealed that there was an increase in the density of vegetation within the park boundary, but there was an increase in urbanization in the buffer zone. Regarding the correlation of vegetation with ST, the spatialization of data on the images showed that vegetated areas show lower temperatures when compared to urbanized areas.

KEYWORDS: Pedra Branca State Park. Vegetation Index. The Surface Temperature.

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). E-mail: michleal@hotmail.com.

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). E-mail: vivianuerj@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Os maciços costeiros possuem relevância para os estudos do clima urbano do Rio de Janeiro, por influenciarem na circulação e distribuição da umidade e dos ventos e, ao mesmo tempo, é neles que se concentra a maior porcentagem de vegetação.

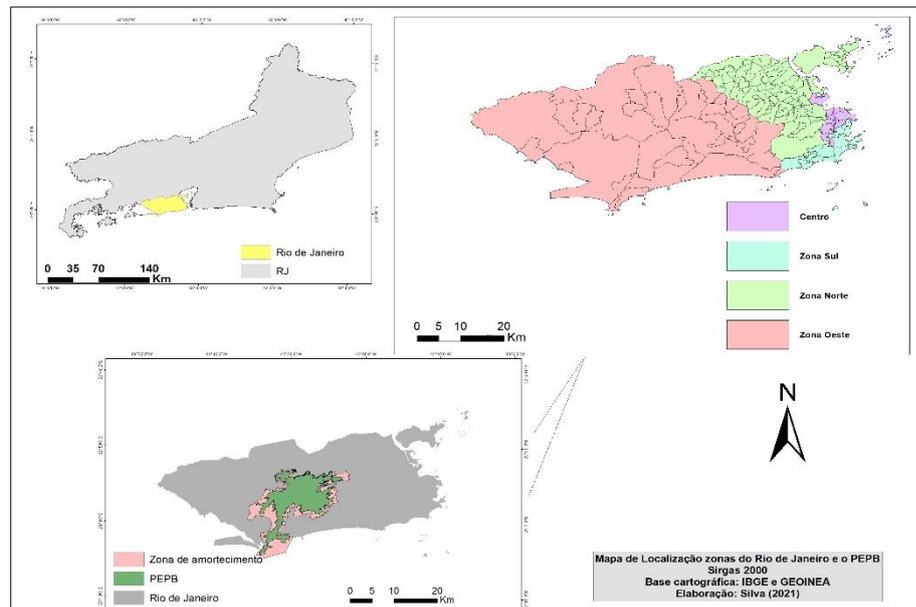
O maciço da Pedra Branca é um dos maciços costeiros que se encontra totalmente dentro dos limites do município do Rio de Janeiro, com um importante remanescente de floresta de mata atlântica, localiza-se nele a unidade de conservação o Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), que foi criado como uma forma de preservar a sua biodiversidade, após períodos de desmatamento para a produção agrícola.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) ou Índice de Vegetação Ajustado ao solo, para realizar uma análise comparativa com a temperatura de superfície (TS), em datas distintas: 02/03/1998 e 25/03/2018, extraindo tais informações das imagens dos satélites Landsat-5 e Landsat-8.

Diante disso, destaca-se a relevância da vegetação para a regulação microclimática e necessidade da preservação da unidade de conservação. Dimoudi e Nikopolou (2003) mostraram a importância da vegetação no clima urbano favorecendo no conforto térmico e higrométrico para a população. Paula *et al.* (2016) utilizaram como método a associação entre o NDVI com a temperatura de superfície em área urbana, comprovando que o maior índice vegetativo resultou em menores temperaturas.

A vegetação para muitos bairros é o principal atenuante da elevação térmica e da redução higrométrica, o que é fundamental para a qualidade de vida dos moradores. Alguns bairros da zona oeste (localização na Figura 1) possuem características climáticas que envolvem temperaturas altas e umidade relativa reduzida, sobretudo no verão, principalmente os que estão localizados à sotavento do maciço da Pedra Branca, a maior parte da umidade vinda do oceano fica retida na vertente leste/sul e, quando consegue ultrapassar para as vertentes oeste e norte, os ventos chegam mais secos, conforme foi observado por Adalberto Serra em 1943 em relação aos bairros localizados na zona oeste do Rio de Janeiro. O mesmo foi verificado por Lucena (2005) em relação a vertente norte para o bairro de Bangu.

Figura 1: Localização do município do Rio de Janeiro, da divisão das zonas e do PEPB.



Fonte: IBGE e INEA. Organização: Silva (2021).

A partir deste trabalho espera-se que demais investigações possam ser ampliadas em relação ao controle da vegetação, previsão de cenários futuros e investigações climáticas e microclimáticas, que possam auxiliar na tomada de decisão dos órgãos responsáveis pela unidade de conservação e auxiliando-os no adequado planejamento e manejo dessa unidade.

Assim, o presente artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: inicialmente apresentando o material e métodos que foram utilizados na elaboração da pesquisa, com a descrição de cada etapa de todos os processos que geraram os resultados; posteriormente trazemos uma caracterização da área de estudo em relação a criação do parque, processo histórico de ocupação e aspectos físicos; finalizando com a discussão e análise dos resultados encontrados nos mapeamentos de NDVI, SAVI e TS.

MATERIAL E MÉTODOS

Na elaboração da pesquisa inicialmente foram necessários o levantamento bibliográfico, destacando os estudos realizados por Costa (2002), Costa (2006) e Ribeiro (2013), em relação ao processo histórico de ocupação do entorno do maciço da Pedra Branca e da constituição do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), incluindo também

dados e estudos em relação aos aspectos físicos e sociais da área de estudo. Posteriormente, a pesquisa bibliográfica abarcou a análise de trabalhos já desenvolvidos em relação as ferramentas de geoprocessamento, processamento das imagens de satélite, NDVI e temperatura de superfície em imagens do satélite da série Landsat, conforme já realizados por Stathopoulou *et al.* (2003) e de Paula *et al.* (2016).

As imagens do Landsat foram obtidas através da plataforma da USGS (United States Geological Survey), do Landsat-5 e o Landsat-8. No Quadro 1 encontram-se os principais dados das imagens e respectivas bandas utilizadas:

Quadro 1: Informações das imagens de satélite.

Satélite	Ponto	Data	Horário	Bandas utilizadas
Landsat-5 (TM)	217/076	02/03/1998	12:28h	2,3,4,5 e 6.
Landsat-8 (OLI-TIRS)	217/076	25/03/2018	12:51h	3,4,5,6 e 10.

Fonte: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 30/12/2018.

Após a aquisição das bandas foram realizadas as correções atmosféricas no software gratuito Quantum Gis® 2.18 com o plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin, desenvolvido por Congedo (2016), utilizando a ferramenta DOS1 Correction, que faz as correções atmosféricas das imagens através da subtração de objetos escuros, embora Congedo (2016) saliente que a precisão das técnicas baseada em imagens é menor que as correções físicas, porém, elas podem ser úteis quando não existem correções atmosféricas disponíveis, melhorando a estimativa da reflectância da superfície terrestre.

Posteriormente, no software ArcGis ®10.3 (Licença LAGEPRO/UERJ), foi necessário realizar a reprojeção das coordenadas das bandas das imagens de satélite do Landsat-5 e Landsat-8, uma vez que estas possuem como coordenadas original a UTM – WGS84/ 23 N, sendo preciso fazer a transformação para SIRGAS 2000, coordenada padrão utilizada na América do Sul, utilizando para tanto a ferramenta localizada no ArcToolbox, Project Raster.

Para o recorte e análise do PEPB, incluindo o limite do parque e a sua zona de amortecimento, os arquivos no formato shapefile (SHP) puderam ser adquiridos no portal

GeoINEA, que possui uma extensa base de dados Geoespaciais, principalmente das unidades de conservação estaduais localizadas no Rio de Janeiro. Dessa forma foram obtidos os arquivos da base dados dos limites das unidades de conservação e das suas zonas de amortecimento, fazendo o recorte no ArcGis das informações correspondentes ao PEPB. Após no mesmo software através da ferramenta Merge, localizada em Geoprocessing foi realizada a união dos shapes do limite do parque e da zona de amortecimento, gerando um único arquivo shape, para servir como base de recorte nas análises.

A composição colorida das imagens auxilia na visualização das imagens e principalmente a percepção das áreas vegetadas e urbanas. A composição RGB (Red, Green e Blue), realizada entre as bandas, é utilizada em muitos estudos, destacando o trabalho realizado no município de Mangaratiba por Araújo e Mello (2010). Neste estudo a composição colorida das bandas teve como principal finalidade corroborar com os dados observados através da análise do NDVI e SAVI, e facilitar a identificação dos alvos. Foram realizadas duas composições a infravermelho utilizando as bandas 4,3 e 2 do Landsat-5, e as bandas 5,4 e 3 no Landsat-8, e a falsa cor com as bandas 5,4 e 3 do Landsat-5 e as bandas 6,5 e 4 no Landsat-8.

O NDVI estabelece a diferença entre a máxima absorção de radiação da região do vermelho, esta ocorre devido a presença de clorofila na vegetação, e a máxima reflexão da radiação na região do infravermelho próximo. Com as primeiras análises realizadas por Rouse *et al.* (1974) ao índice de vegetação dos corredores de pastagens, o TVI (Índice de Vegetação Transformada), com a utilização das bandas 5 e 7 do Landsat-1.

Para Tucker e Sellers (1986), as estruturas das folhas mostram variações na absorção e reflexão da radiação solar proveniente da copa das árvores e plantas. A folha possui características de interceptação de radiação ligadas à fotossíntese e à evapotranspiração. Podendo inferir o índice de vegetação a partir de medições da energia solar que é refletida, portanto o NDVI vem sendo utilizado por mostrar sinais de existência de vegetação nas áreas analisadas (TUCKER & SELLERS, 1986). A equação para o NDVI foi aplicada na raster calculator do ArcGis, para o Landsat-5 foram utilizadas as bandas 3 (red) e 4 (infrared); para o Landsat-8 4 (red) e a 5 (infrared):

$$NDVI = (pIVP - pV) / (pIVP + pV) \quad (1)$$

Onde:

pIVP = valor de reflectância da banda infravermelho próximo;

pV= valor de reflectância da banda vermelho

O resultado final do NDVI mostra uma variação no índice de -1 a 1, ou seja, quanto mais próximo de -1 significa que temos naquela área menos vegetação ou a presença de água, e quanto as áreas nas imagens mais próximas de 1 mostram presença maior de vegetação.

O SAVI que é o índice de vegetação ajustada ao solo, elaborado por Huete (1988), uma vez que foram observadas algumas limitações no NDVI. Huete *et al.* (2002) destacam que a principal desvantagem no NDVI é não-linearidade referente aos índices e a influência de efeitos de ruídos aditivos como a radiação atmosférica. Exibe também problemas de dimensionamento, sinais saturados de biomassa, sendo muito influenciado pelo brilho e o efeito espectral do solo.

Porém, Huete *et al.* (2002) destacam que o NDVI é bem sucedido para medir a vegetação, pois permite estabelecer as mudanças interanuais no crescimento e atividade da vegetação.

O índice SAVI é calculado utilizando como base a mesma equação do NDVI, com algumas inclusões, como o fator L, com variação de 0 a 1 de acordo com as condições da densidade da vegetação na área analisada. Assim, o 1 é aplicado em áreas com baixa densidade de vegetação; 0,5 para uma quantidade intermediária; 0,25 área com grande quantidade de vegetação, e quando o fator L é igual 0, o índice SAVI fica idêntico ao NDVI. A equação é estabelecida como:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L) \quad (2)$$

A equação do SAVI calculada na raster calculator, a partir das bandas infravermelha e vermelha correspondentes no Landsat-5 e 8. Para o PEPB e sua zona de amortecimento foi aplicada o fator L=0.5, pois a área florestada possui vegetação em diversos estágios de sucessão, tendo solo exposto em seu interior, apresentando uma urbanização considerável em sua zona de amortecimento. O mesmo foi realizado nos

estudos de Hentz *et al.* (2014) em relação a estimativa de biomassa em ambientes florestais em uma área com floresta de mata atlântica, em condições próximas ao PEPB.

Os gráficos do cálculo da área e porcentagem de acordo com as classes encontradas do NDVI e SAVI, criados no ArcGis, foram realizados a partir da transformação da imagem raster de NDVI e SAVI para vetorial, sendo assim possível estabelecer o cálculo da área e a porcentagem de cada classe

Para a estimativa da temperatura de superfície (TS) todas as etapas foram realizadas na raster calculator do ArcGis. As equações e valores são diferenciados em algumas fases do processamento. As bandas termais são usadas em todas em todo o processo, sendo a banda 6 a termal do Landsat-5 e a banda 10 como a termal do Landsat-8. Abaixo estão as equações empregadas até o estabelecimento final da temperatura de superfície:

1) Cálculo da radiância espectral:

$$RE = ((L_{max} - L_{min}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})) * (Q_{cal} - L_{min}) \text{ (Landsat-5)} \quad (3)$$

$$L_{max} = 15.303$$

$$L_{min} = 1.238$$

$$Q_{calmax} = 255$$

$$Q_{calmin} = 1$$

$$Q_{cal} = \text{banda 6}$$

$$RE = ML * Q_{cal} + AL \text{ (Landsat-8)}$$

$$(4)$$

$$ML = 3.342$$

$$Q_{cal} = \text{banda 10}$$

$$AL = 0.1$$

2) Conversão da radiância espectral para a temperatura de brilho

$$TB = (K2 / \ln(K1/RE) + 1) - 273.15 \text{ (Landsat-5 e 8)}$$

$$(5)$$

Valores para o Landsat-5

$$K2 = 1260.56$$

$$K1 = 607.76$$

RE = Radiância espectral

Valores para o Landsat-8

$$K1 = 1321.0789$$

$$K2 = 774.8853$$

RE = Radiância espectral

3) Cálculo do NDVI – conforme a equação (1)

4) Cálculo da proporção da vegetação

$$P_v = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (6)$$

NDVI_{min}= valor mínimo encontrado do NDVI
NDVI_{max}= valor máximo encontrado do NDVI

5) Cálculo da emissividade

$$\varepsilon = 0.004 * P_v + 0.97 \quad (7)$$

6) Cálculo temperatura de superfície

$$TS = (TB / (1 + (0.00115 * TB / 1.4388) * \ln(\varepsilon))) \quad (8)$$

Essa metodologia para estimar a temperatura de superfície vem sendo aplicada em várias pesquisas, destacando aqui a de Anadababu *et al.* (2018) de classificação da temperatura, a partir das equações utilizadas acima no ArcGis em Hosur, Índia.

A temperatura de superfície, o NDVI e o SAVI foram organizados em 5 classes, pelo método natural break (Jenks), optando por cores que pudessem representar melhor a visualização dessas classes.

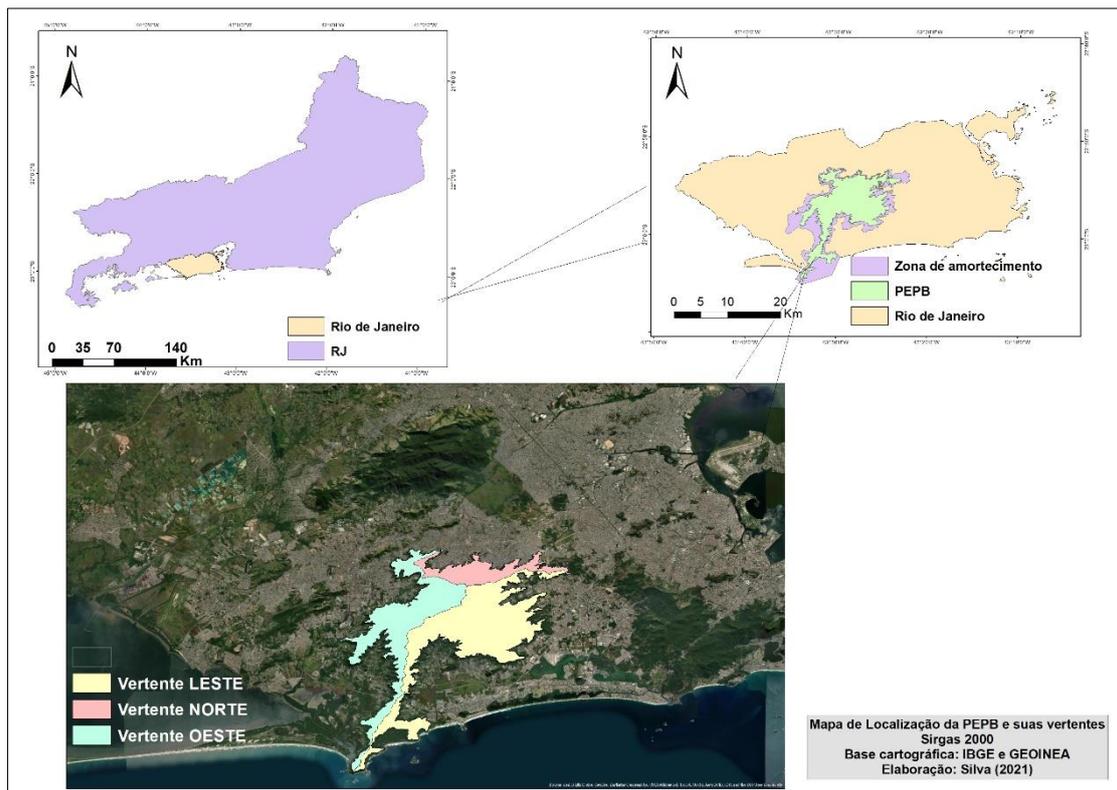
Os gráficos do cálculo da área e porcentagem de acordo com as classes encontradas do NDVI, SAVI e a TS, criados no ArcGis, foram realizados a partir da transformação da imagem raster de NDVI e SAVI para vetorial, sendo assim possível estabelecer o cálculo da área e a porcentagem de cada classe

CARACTERIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO

O PEPB está localizado no maciço da Pedra Branca, na zona oeste do município do Rio de Janeiro. A unidade de conservação foi criada por lei estadual em 28 de junho de 1974, com uma abrangência 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 se encontram no seu entorno e na sua zona de amortecimento, na vertente oeste: 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, Vargem

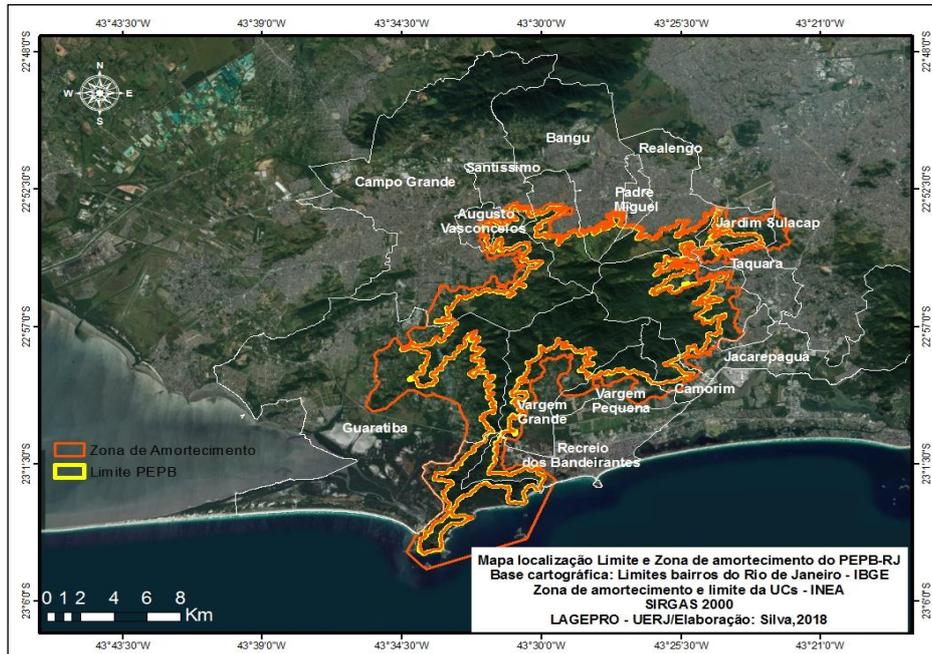
Grande e Recreio dos Bandeirantes. A partir da classificação das vertentes da PEPB demonstradas por Costa (2006) e Ribeiro (2013). Nas figuras 2 e 3 observam-se a localização, os limites da unidade de conservação e sua zona de amortecimento, com destaque dos bairros citados.

Figura 2: Mapa de localização do PEPB e suas vertentes.



Fonte: IBGE e INEA. Organização autoras (2021).

Figura 3: Localização dos bairros no limite e zona de amortecimento do PEPB.



Fonte: INEA e IBGE. Organização autoras (2018).

A região onde está localizado o PEPB, passou por diversos usos ao longo do processo histórico de ocupação do município do Rio de Janeiro. A atual zona oeste configurava-se no passado como sertão, por estar afastada do centro da cidade. Inicialmente, a principal atividade desenvolvida foi agropecuária, sendo essa uma região que durante o século XVI até o início do século XX, tinha como principal ramo econômico a plantação e com a venda de produtos agrícolas que abasteciam a área central da cidade, com agricultura patronal e de subsistência.

Essa região, que no passado era conhecida como a região “O Campo Grande”, conforme destacam Fróes e Gelabert (2005), teve produções agrícolas como: a cana-de-açúcar, café e laranja, sendo a laranja uma das produções de maior expressividade, uma vez que essa se alastrou de forma intensa por toda região, adentrando o maciço da Pedra Branca, fazendas e sítios investiram de forma massiva na plantação de laranja com o início no final no século XIX prosseguindo até a década de 1960, nesse período a contingente populacional aumentou por conta do número de trabalhadores.

Um outro fator que contribuiu para a ocupação e posterior expansão urbana foi a construção da linha de trem, que iniciou na Central do Brasil (Centro), mas rapidamente foi sendo estendida para atender bairros na zona norte e zona oeste, como uma forma de

aumentar a disponibilidade de habitações na antiga capital, mas também promover uma desconcentração de população no centro da cidade, sobretudo os moradores mais pobres, o papel dos trens na expansão urbana do Rio de Janeiro é ressaltado por Abreu (2006).

Na zona oeste uso dos trens como um meio de transporte de massa contribuiu para aumentar o número de moradores, porém, Silva (2017) destaca que o fim do período da citricultura abriu caminho para o desenvolvimento de outras atividades econômicas na zona oeste, como o comércio e a atividade imobiliária, uma vez que as fazendas e sítios foram posteriormente transformadas em loteamentos e Conjuntos Habitacionais (COHABs), muitos deles com incentivo e financiamento do governo. Alguns terrenos que antes tinham função agrícola foram ocupados na forma de posse.

O processo de apropriação de terras para construção urbana no entorno do maciço da Pedra Branca durante vários séculos. Nas cotas mais elevadas no maciço, alguns moradores estabeleceram e (ou) mantiveram moradia, mantendo para a sua subsistência atividades agrícolas. Quando o PEPB foi criado, muitos desses moradores já haviam se estabelecido no que hoje é o limite da unidade de conservação.

Os problemas existentes são muitos, mas a pressão urbana tem se configurado como uma das maiores, pois percebe-se que cada vez mais as moradias, principalmente os condomínios residenciais estão aumentando na zona de amortecimento, que já é muito ocupada e estão adentrando ao limite do parque em todas as vertentes, sendo mais expressivo nas vertentes norte e leste, conforme comprovado nos estudos de Costa (2002).

Tais entraves que atingem unidades de conservação localizadas em áreas urbanas, necessitam de controle, pois temos uma grande biodiversidade e serviços ambientais que são prestados como regulação climática, abastecimento hídrico, redução de gases poluidores do ar, espaços verdes, lazer, entre outros que estão sendo comprometidos.

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).

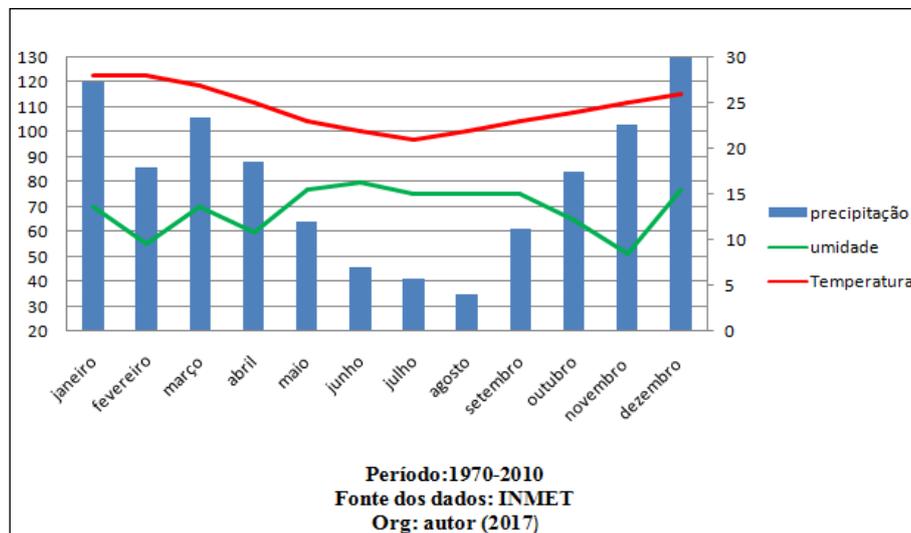
No município do Rio de Janeiro os domínios morfoestruturais predominantes são os maciços destacando o Maciço da Pedra Branca e Maciço da Tijuca, que dentro das unidades geomorfológicas do estado do Rio de Janeiro são classificados como maciços costeiros e interiores, e o Maciço do Mendanha como maciço 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 possui domínio serrano derivado de blocos falhados e basculhados, com terrenos que podem atingir mais de 1.000 metros (COSTA, 2002).

Costa (2006) salienta que o maciço tem uma grande rede hidrográfica, cujos rios contribuem para o abastecimento de águas nas baixadas próximas, com a existência de represas que são controladas pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE).

A vegetação é predominante é de Mata Atlântica, possuindo uma grande biodiversidade. 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).

Em relação ao clima, considerando as características climáticas e os sistemas atuantes na Região Sudeste, o clima do município do Rio de Janeiro, de acordo com a classificação climática de Köppen, está inserido no clima Aw. Isto é, clima tropical com chuvas no verão e estação mais seca no inverno. Na figura 4, temos um climograma com as médias dos registros no município.

Figura 4: Climograma do município do Rio de Janeiro.



Fonte: INMET. Organização autoras (2017).

A partir da análise da figura 4, em relação a normal climatológica, os meses de maior intensidade 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 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. As temperaturas são superiores nos meses do verão, e tornam-se amenas no inverno, em torno de 20°C a 25°C.

O maciço da Pedra Branca tem uma importante atuação no microclima dos bairros da zona oeste, sobretudo os localizados nas vertentes norte, uma vez que estes bairros se encontram na vertente sotavento, como podemos observar na figura 5.

Figura 5: Esquema exemplificando a barlavento e sotavento do maciço da Pedra Branca.



Fonte: organização autoras (2018)

Silva (2017) em suas análises em relação ao bairro de Campo Grande, destacou que o mesmo por estar entre os maciços da Pedra Branca e do Mendanha, os ventos úmidos vindos do oceano que sopram em direção ao maciço da Pedra Branca, encontram uma barreira na vertente leste que funciona como barlavento, após a ascensão desses ventos esses são obrigados a descer a sotavento que é a vertente norte do maciço, e desta forma chegam secos e quentes.

ANÁLISE DO NDVI E SAVI ASSOCIADO A TEMPERATURA SUPERFICIAL

Na análise do NDVI e SAVI das imagens dos anos de 1998 e 2018 mostraram algumas diferenças significativas. Primeiro considerando que o método SAVI, nas figuras 7 e 9, percebe-se que a respostas dos alvos em relação a vegetação, solo exposto, afloramentos rochosos e urbanização se destacam, diferente do NDVI que mostra as

mudanças nas cores e nos índices a partir dos estratos e conservação da vegetação. Cabe destacar que os dois métodos geram a densidade de vegetação nas áreas. Silva e Galvêncio (2012) destacam que o SAVI indica mais detalhadamente a vegetação e o solo.

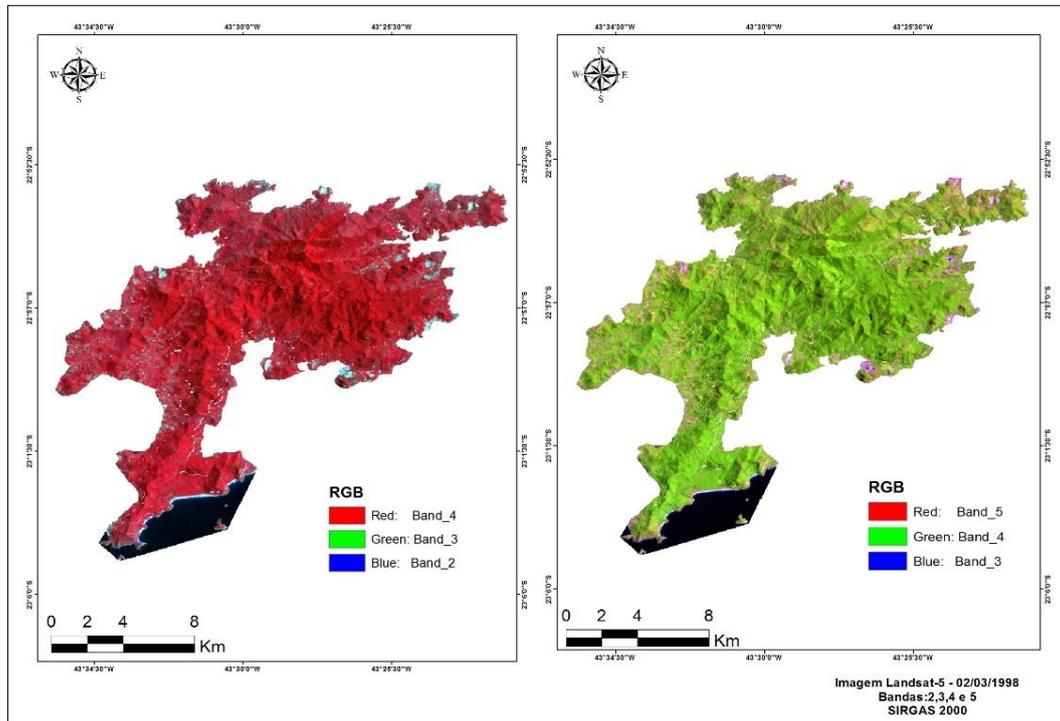
A figura 6 mostra as composições coloridas da imagem do ano de 1998, possibilitando a observação das localidades com maior densidade de vegetação, no interior do PEPB, enquanto a zona de amortecimento mostra maior quantidade de construções urbanas. O NDVI teve uma variação de -0,527 a 0,917 e o SAVI de -0,186 a 0,751 (Figura 7).

A figura 8 temos a composição colorida da imagem do ano de 2018. A figura 9 mostra ambas classificações com os índices de NDVI e SAVI. Com o NDVI variando de -0,595 a 0,908 e o SAVI de -0,222 a 0,835.

A coloração vermelha em ambos os índices mostram a presença de construções urbanas, construções no interior da unidade e água. A coloração laranja e amarela mostram solo exposto ou afloramento rochoso, e a cor amarela também pode evidenciar locais de pastagem ou com vegetação lenhosa, no SAVI essas classes estão mais evidenciadas do que no NDVI. A coloração verde claro da classe 4 demonstram áreas de médio densidade de vegetação, que podem ter produção agrícola, e vegetação mais rasteira. A coloração verde escuro indicam a presença de uma vegetação mais densa e arbórea.

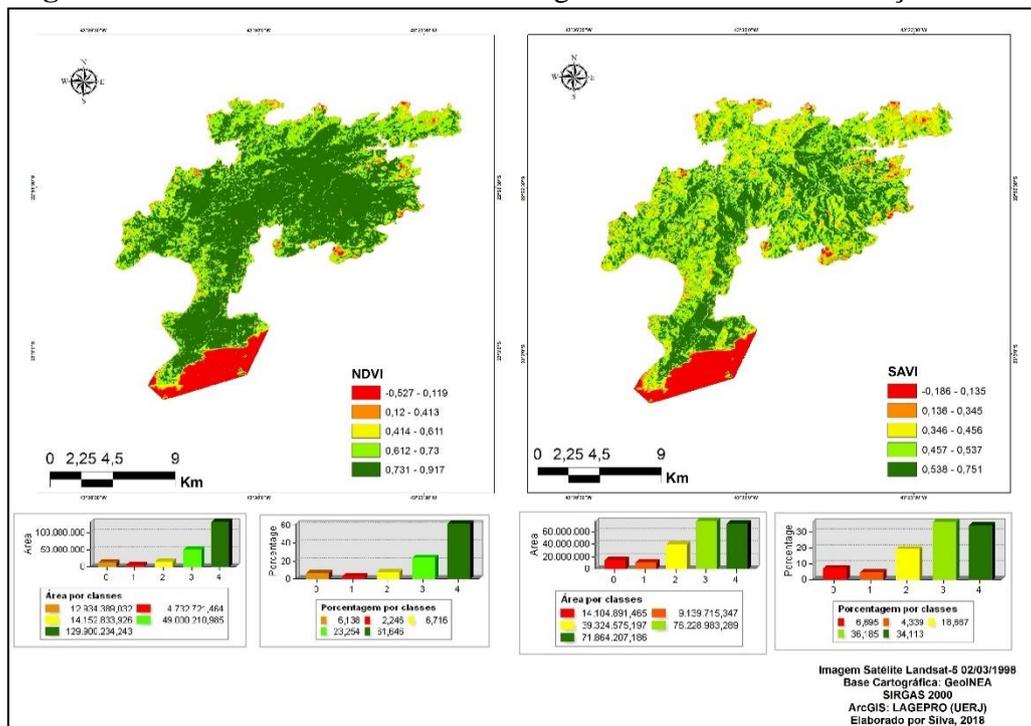
Através da comparação entre as duas imagens, a do Landsat-5 de 1998 e a do Landsat-8 de 2018, é possível perceber um aumento da vegetação mais densa no ano de 2018. Outro fator é a ampliação das áreas verdes na imagem de 2018 na vertente norte, principalmente nos bairros de Campo Grande e Bangu, o que pode ter ocorrido devido aos projetos reflorestamento a partir de 2008, lançados pela Secretaria Estadual de Ambiente, além de empresas e indústrias que através do cumprimento de leis e a necessidade de realizar a compensação ambiental implementam projetos de reflorestamento em unidades de conservação.

Figura 6: Composição RGB do PEPB da imagem do Landsat-5 em março de 1998



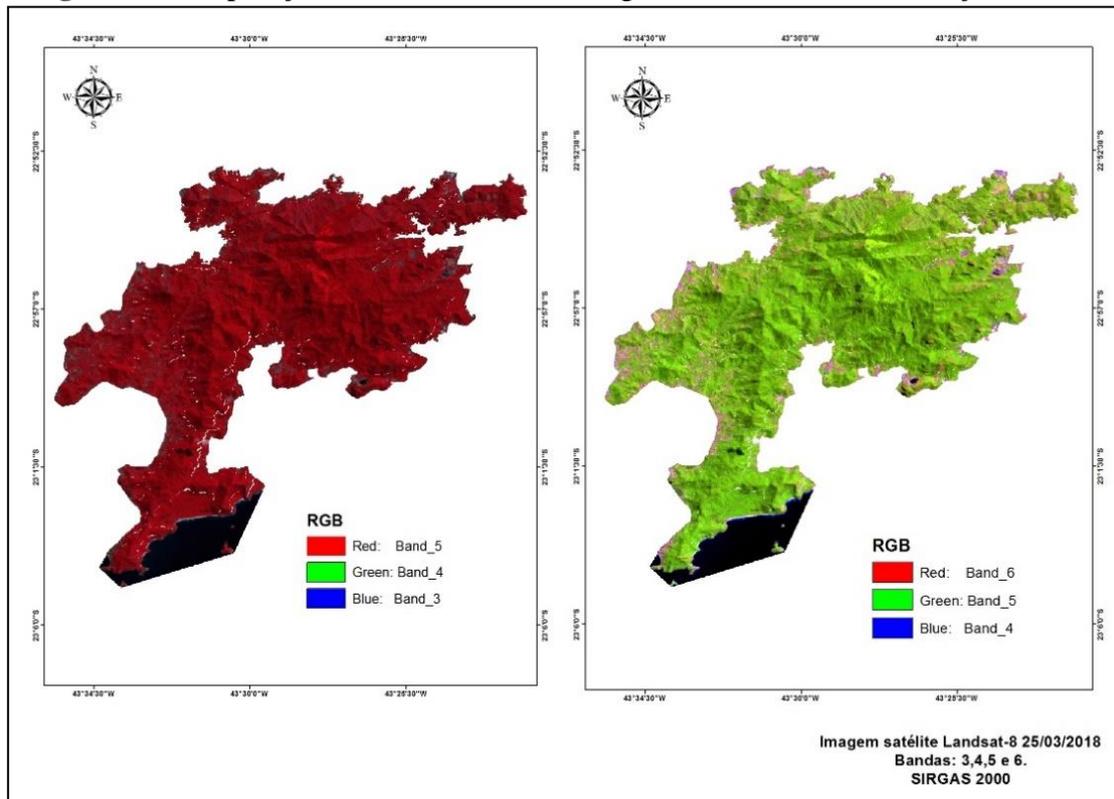
Fonte: Landsat-5 (02/03/1998) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
Organização: autoras (2018)

Figura 7: NDVI e SAVI do PEPB da imagem do Landsat-5 em março de 1998



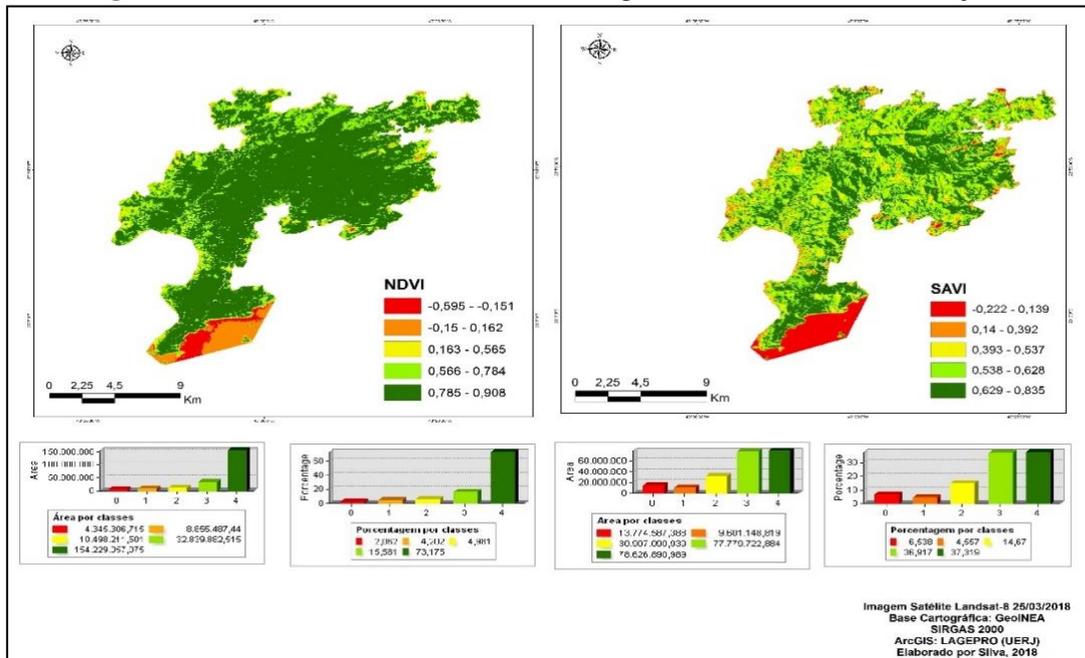
Fonte: Landsat-5 (02/03/1998) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
Organização: Silva (2018)

Figura 8: Composição RGB do PEPB da imagem do Landsat-8 em março de 2018



Fonte: Landsat-5 (25/03/2018) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
Organização: autoras (2018)

Figura 9: NDVI e SAVI do PEPB da imagem do Landsat-8 em março de 2018



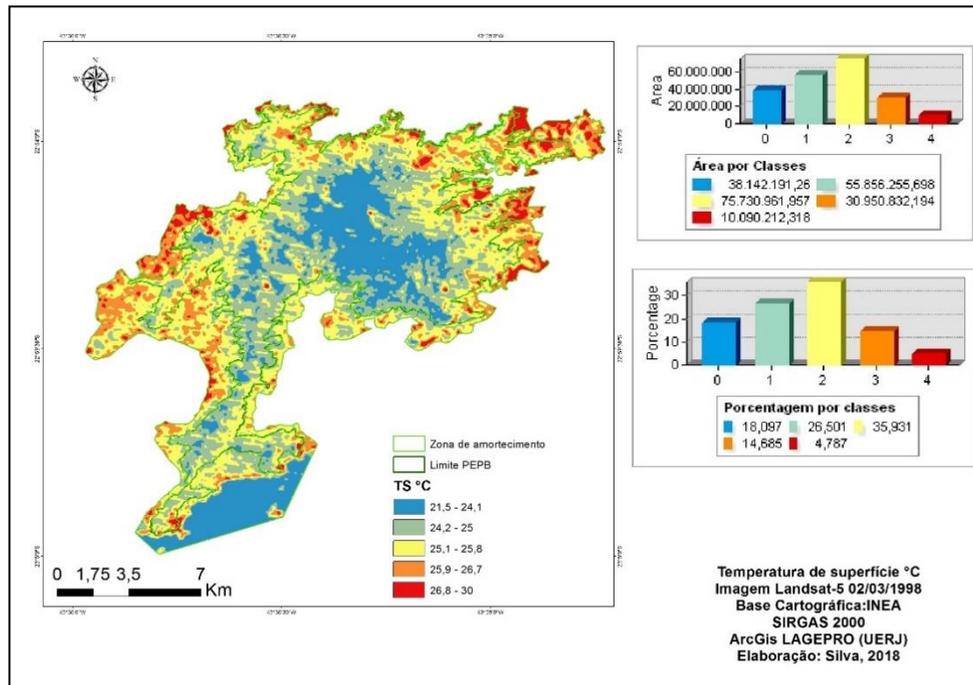
Fonte: Landsat-5 (25/03/2018) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
Organização: Silva (2018)

A estimativa da temperatura de superfície permite que possa compreender a espacialização dos pontos mais quentes associando-os ao uso do solo, na maior parte dos estudos os alvos urbanos respondem com temperaturas mais altas do que as superfícies vegetadas e com água. 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.

Nas figuras 10 e 11 temos o mapeamento da temperatura de superfície, na imagem do ano de 1998 e posteriormente a de 2018. Observa-se nas imagens que as temperaturas mais elevadas estão presentes no mapa de 2018 (figura 11), ainda assim no interior do limite do PEPB identifica-se nessa mesma figura uma redução nas temperaturas de superfície. Na zona de amortecimento as manchas com temperaturas mais altas entre 27°C e 34°C ampliaram-se quando comparadas com a imagem de 1998 (figura 10).

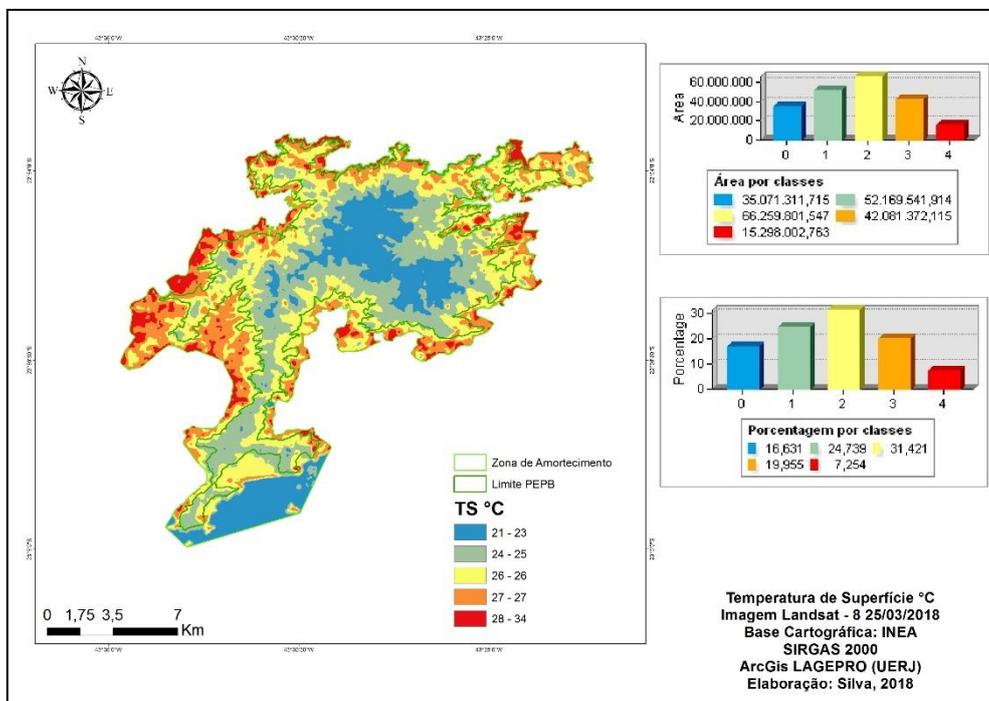
O que podemos concluir é que devido a um restabelecimento da vegetação no interior do parque trouxe como resposta temperaturas menores, porém a zona de amortecimento vem sofrendo com a pressão da expansão urbana.

Figura 10: Temperatura de Superfície do PEPB da imagem Landsat-5 em março de 1998



Fonte: Landsat-5 (02/03/1998) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
 Organização: Silva (2018)

Figura 11: Temperatura de Superfície do PEPB da imagem Landsat-8 em março de 2018



Fonte: Landsat-8 (25/03/2018) acesso: < <https://earthexplorer.usgs.gov/> > em 10 jun. de 2018.
 Organização: Silva (2018)

Na análise comparativa entre a vegetação com a temperatura de superfície, as áreas com maior índice de fragmentos florestais identificam-se temperaturas menores, fato que ocorre devido as diferenças na absorção e reflexão da radiação, os alvos urbanos retêm uma maior quantidade de radiação, liberando posteriormente na forma de calor latente, portanto as temperaturas tendem a ser mais elevadas. Dacanal (2011) estudou os fragmentos florestais urbanos em Campinas (SP), investigando as interações climáticas destes fragmentos em diferentes escalas, focando principalmente no microclima, constatou-se que a estabilidade da temperatura aumenta nas áreas onde existem os fragmentos florestais. Dessa forma, a vegetação tem uma função primordial na regulação microclimática. Conforme já citado, as condições geográficas em relação ao relevo, contribuem para o aquecimento em alguns bairros como Campo Grande e Bangu, portanto o incentivo ao reflorestamento das vertentes e ampliação da arborização urbana são importantes para mitigar efeitos como aumento da temperatura e redução da umidade relativa.

Os estudos utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, possibilitam o mapeamento, e a tomada de decisão no planejamento urbano, como identificando os desmatamentos, localidades com temperaturas mais altas, aumento da urbanização, e assim a busca por soluções que possam priorizar a qualidade ambiental e de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise apresentada pode-se destacar a relevância que o PEPB possui para o município do Rio de Janeiro, principalmente para a zona oeste, com a vegetação, disponibilização de recursos hídricos, regulação climática. Em relação ao campo térmico, isso fica evidente nas imagens que mostram redução das temperaturas nas áreas com maior adensamento florestal.

O aumento da urbanização para a zona oeste tem ameaçado cada vez mais essa unidade de conservação, sendo a maior floresta urbana do mundo, com uma grande biodiversidade, representando um dos poucos fragmentos de floresta de mata atlântica que sobraram. O desmatamento desenfreado pode ocasionar grandes problemas de ambientais na cidade.

Assim faz-se necessário uma ampliação de estudos que mostrem a necessidade de preservação do PEPB e sua importância, contendo o avanço de construções urbanas na

sua zona de amortecimento e no limite do parque, com projetos que possam envolver toda a comunidade para compreenderem os motivos para a sua conservação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.A. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**, IPP; Rio de Janeiro, 2006.
- ANANDABABU, D.; PURUSHOTHAMAN, B.m.; BABU, S. Suresh. Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data. **International Journal Of Advance Research, Ideas And Innovations In Technology**, v. 4, n. 2, p.177-186, 2018.
- ARAUJO, T. P.; MELLO, F. M. Processamento de imagens digitais razão entre bandas. **Geociências**, UNESP, São Paulo – SP, V.29, N. 1, p.121 – 131, 2010.
- CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation, 2016, 201p. Disponível em: <<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v3/latest/semiautomaticclassificationmanual-v3.pdf>> acesso: 28/12/18
- COSTA, N. M. C. **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.
- 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.
- DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: Microclimate Analysis and benefits. **Elsevier Science**, V.35, p.69-76, 2003.
- FRÓES, J. N. S.; GELABERT, O. R. E. **Rumo ao Campo Grande por trilhas e caminhos**, 2ª edição, Imprensão gráfica Brunner, Rio de Janeiro, 2005.
- HENTZ, Â. M.K. et.al. Técnicas de Sensoriamento Remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18, 2014.
- HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences, **International Agrophysics**, vol.4, no. 4,1988, pp.367-376.
- HUETE, A. et.al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing Environment**, v.86, 2002, p.195-213.

- 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.
- PAULA, I.F.M; PIMENTEL, F.O.; FERREIRA, C. Correlação entre a temperatura de superfície e o índice vegetativo no perímetro urbano de Juiz de Fora-MG. **Revista de Geografia – PPGeo - UFJF.** Juiz de Fora, v.6, n.4, p.339-351, 2016.
- 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.
- 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.
- TUCKER, C. J.; SELLERS, P. J. Satellite remote sensing of primary production. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, Nov. 1986, p.1395-1416.
- SERRA, A. Clima da Guanabara. **Boletim Geográfico**, p.81-111,1943.
- SILVA, L.G.; GALVÍNCIO, 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, 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. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- STATHOPOULOU, M.; CARTALIS C.; KERAMITSOGLOU, 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, nº. 12, p.2301–2316, 2003.