



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Gleyton Lopes Barboza Lacerda

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE FATORES  
AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS**

POMBAL – PB

2018

Gleyton Lopes Barboza Lacerda

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE FATORES  
AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Campina Grande,  
Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar,  
como parte dos requisitos necessários à  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Ambiental.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Pombal-PB

2018

L131u Lacerda, Gleyton Lopes Barboza.  
Utilização de sensoriamento remoto na análise de fatores ambientais em áreas urbanas / Gleyton Lopes Barboza Lacerda. – Pombal, 2018.  
46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".  
Referências.

1. Clima. 2. Espaço urbano. 3. Temperatura. 4. Vegetação. 5. Estudo ambiental. 6. Catolé do Rocha – PB. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.

CDU 551.58(043)

Gleyton Lopes Barboza Lacerda

**UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE FATORES  
AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Campina Grande,  
Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar,  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Ambiental.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

(Orientadora – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

M.Sc. Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

(Examinadora Interna – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

M.Sc. Alesca Barbosa Rodrigues

(Examinadora Externa – conforme Resolução 01/2012)

## DEDICATÓRIA

*À minha mãe, a maior fonte de  
inspiração e amor que alguém poderia  
ter. E eu a tenho.*

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas e precipitações médias mensais da cidade de Catolé do Rocha - PB.....	20
Gráfico 2 – Relação entre a TST e o NDVI para 06/Maio/1995, às 12:05 horas.....	33
Gráfico 3 – Relação entre a TST e o NDVI para 29/Outubro/1995, às 12:04 horas.....	33
Gráfico 4 – Relação entre a TST e o NDVI para 15/Maio/2016, às 12:40 horas.....	37
Gráfico 5 – Relação entre a TST e o NDVI para 06/Outubro/2016, às 12:41 horas.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações sobre as imagens utilizadas e suas respectivas datas.....	22
Tabela 2 – Informações acerca das bandas termais.....	22
Tabela 3 – Informações acerca das bandas multiespectrais.....	25
Tabela 4 – Informações de NDVI e TST por classe de densidade vegetal para maio e outubro de 1995.....	32
Tabela 5 – Informações de NDVI e TST por classe de densidade vegetal para maio e outubro de 2016.....	37
Tabela 6 – Informações das classes de cobertura do solo e da TST por classe de uso.....	41

## LISTA DE IMAGENS

Figura 1 – Da esquerda para a direita: imagem GOES, imagem TM-LANDSAT, fotografia aérea e fotografia local.....	14
Figura 2 – Mapa de localização da cidade de Catolé do Rocha, Paraíba.....	19
Figura 3 – Hipsometria da cidade de Catolé do Rocha-PB.....	21
Figura 4 – Mapa de representação dos pontos amostrais.....	27
Figura 5 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para maio de 1995.....	29
Figura 6 – Espacialização da malha urbana no ano de 1995.....	30
Figura 7 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para outubro de 1995.....	31
Figura 8 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para maio de 2016.....	34
Figura 9 – Espacialização da malha urbana no ano de 2016.....	36
Figura 10 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para outubro de 2016.....	36
Figura 11 – Mapa de uso e ocupação do solo para outubro de 1995.....	39
Figura 12 – Mapa de uso e ocupação do solo para outubro de 2016.....	40

LACERDA, Gleyton Lopes Barboza. **Utilização de Sensoriamento Remoto na Análise de Fatores Ambientais em Áreas Urbanas**. 2018. 46 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB. 2018.

## RESUMO

A intensa expansão demográfica dos últimos séculos vem sendo uma das principais causas das inúmeras modificações no ambiente urbano. Entre os impactos ambientais pode-se destacar a crescente mudança no convívio das pessoas, no conforto urbano e no clima das cidades, que pode ser um reflexo das mais diversas formas de uso e ocupação do solo e modificações no vigor da vegetação. A partir disso, surge a necessidade de um trabalho que avalie a dinâmica do espaço urbano e os elementos ambientais a ele interligados. O objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre, do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada e uso e ocupação do solo com utilização de sensoriamento remoto para cidade de Catolé do Rocha - Paraíba, com ênfase na escala temporal nos anos de 1995 e 2016. Foram utilizadas imagens em maio e outubro de 1995 do satélite Landsat 5 e imagens em maio e outubro de 2016 do satélite Landsat 8. Os procedimentos para tratamento e processamento das imagens foram inteiramente desenvolvidos no software de código aberto Quantum Geographic Information System 2.18.21 (QGIS). Verificou-se que mesmo com variação significativa na amplitude das temperaturas entre o período seco e chuvoso, a interpretação das informações da temperatura superficial e do índice vegetativo por classe de densidade vegetal e a interpretação das sobreposições/comparação dos mapas, constataram a relação de inversa proporcionalidade entre as variáveis. A classificação supervisionada revelou mudanças significativas no uso e ocupação do solo na cidade de Catolé do Rocha.

**Palavras-chave:** Clima. Espaço Urbano. Landsat 8. Temperatura. Vegetação.

LACERDA, Gleyton Lopes Barboza Lacerda. **Use of Remote Sensing in the Analysis of Environmental Factors in Urban Areas**. 2018. 46 fls. Completion of Course Work (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of Campina Grande. Pombal - PB. 2018.

### **ABSTRACT**

The intense demographic expansion of the last centuries has been one of the main causes of the numerous changes in the urban environment. Among the environmental impacts can be highlighted the growing change in people's conviviality, in urban comfort and in the climate of cities, which can be a reflection of the most diverse forms of use and occupation of the soil and modifications in the vigor of vegetation. From this, the need arises for a work that evaluates the dynamics of the urban space and the environmental elements connected to it. The objective of this work was to analyze the behavior of Terrestrial Surface Temperature, Normalized Difference Vegetation Index and land use and occupation using remote sensing for the city of Catolé do Rocha - Paraíba, with an emphasis on the temporal scale in the years 1995 and 2016. Images were used in May and October 1995 of the Landsat 5 satellite and images in May and October 2016 of the Landsat 8 satellite. Procedures for image processing and processing were fully developed in the open source software Quantum Geographic Information System 2.18.21 (QGIS). It was verified that even with significant variation in the temperature range between the dry and rainy periods, the interpretation of the information of the superficial temperature and the vegetative index by class of vegetal density and the interpretation of the overlays / comparison of the maps, verified the relation of inverse proportionality between variables. Supervised classification revealed significant changes in land use and occupation in the city of Catolé do Rocha.

**Keywords:** Climate. Urban Space. Landsat 8. Temperature. Vegetation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Sensoriamento Remoto</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Temperatura da Superfície Terrestre (TST)</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4 Uso e ocupação do solo</b> .....	<b>16</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>19</b>
4.1.1 <i>Localização</i> .....	19
4.1.2 <i>Climatologia</i> .....	20
4.1.3 <i>Hipsometria</i> .....	20
<b>4.2 Materiais</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3 Metodologia</b> .....	<b>22</b>
4.3.1 <i>Elaboração dos mapas de Temperatura da Superfície Terrestre (TST)</i> .....	22
4.3.2 <i>Elaboração dos mapas de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)</i> .....	24
4.3.3 <i>Sobreposição de dados vetoriais e matriciais para obtenção de informações de TST, NDVI e uso e ocupação do solo</i> .....	26
4.3.4 <i>Avaliação Estatística</i> .....	27
4.3.5 <i>Elaboração dos mapas de do uso e ocupação do solo</i> .....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>29</b>
<b>5.1 Análise da TST e do NDVI para maio e outubro de 1995</b> .....	<b>29</b>
<b>5.2 Análise da TST e do NDVI para maio e outubro de 2016</b> .....	<b>34</b>
<b>5.3 Uso e ocupação do solo da cidade de Catolé do Rocha - PB</b> .....	<b>38</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A intensa expansão demográfica dos últimos séculos vem sendo uma das principais causas das inúmeras alterações ocorridas nas cidades, o qual é influenciada pelo crescimento econômico e apelo atual pelo uso de tecnologias. Os impactos no ambiente causados pela ocupação urbana desenfreada e alteração do meio natural propicia de certo modo um desconforto ambiental, influenciando diretamente na qualidade ambiental e na qualidade de vida e inter-relações das pessoas. Entre esses impactos ambientais pode-se destacar a crescente mudança no convívio das pessoas, no conforto urbano e no clima das cidades, que pode ser um reflexo das mais diversas formas de uso e ocupação do solo e modificações no vigor da vegetação.

Sendo considerado como a alteração do clima local decorrente do processo de urbanização, o clima urbano é resultado da ação antrópica sobre o meio ambiente, principalmente no que se diz respeito à alteração na superfície, no tocante à impermeabilização do solo e retirada da cobertura vegetal; à concentração de construções e atividades antrópicas, os quais armazenam e geram calor; à alteração na composição da atmosfera, devido a poluição; e a alteração na velocidade do fluxo dos ventos, devido a rugosidade e verticalização das construções urbanas (NASCIMENTO, 2011).

É evidente que cada cidade possui seu clima urbano específico, que pode ser resultado da atuação de inúmeros fatores que agem sobre a delimitação urbana. Os efeitos ocasionados por estes fatores podem ser facilmente percebidos pela população residente, entre eles, a qualidade do ar, o conforto térmico e os impactos pluviais são os mais comuns.

A presença vegetal constitui um dos principais elementos que indica a qualidade ambiental nas cidades, sendo atenuadora dos efeitos da urbanização. A vegetação confere determinadas melhorias, dentre elas, se evidencia a redução dos efeitos causados pela poluição, garantia de áreas permeáveis e a regularização do clima urbano, por propiciar temperaturas mais amenas, gerando conforto térmico (LIMA; AMORIM, 2011).

O crescimento das cidades juntamente com o uso e ocupação do solo vem gradativamente transformando o meio natural com a adição de elementos artificiais, redução brusca da vegetação, exploração inadequada do solo, dentre outros.

A partir de processamentos em imagens de sensoriamento remoto é possível analisar informações de temperatura de superfície, sendo essencial no balanço energético da superfície, pois ajuda a determinar o clima interno, como também, influencia as trocas de energia que afetam o conforto dos moradores da cidade (WANG W.; ZHU; WANG R., 2004).

Os dados de temperatura da superfície sobrepostos com as informações de vegetação e as informações de uso e ocupação do solo, retirados do processamento de imagens de satélite, são vistos como uma forma prática e acessível de se estudar a ambiência das cidades, de modo a se estabelecer padrões de satisfação ambiental.

A utilização de sensoriamento remoto concede informações importantes sobre a dinâmica e o comportamento do meio ambiente, essa potencialidade torna-se uma peça chave no entendimento de mudanças no espaço urbano e nas tomadas de decisões para o planejamento urbano. A partir disso, surge a necessidade de um trabalho que avalie o comportamento e relações da temperatura da superfície, da vegetação e dos vários tipos de cobertura do solo em áreas urbanas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar o comportamento da Temperatura da Superfície Terrestre (TST), do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e ocupação do solo com utilização de sensoriamento remoto para cidade de Catolé do Rocha – Paraíba.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estimar os valores de temperatura superficial para espacialização do campo térmico da cidade;
- Mapear e analisar as informações do índice vegetativo;
- Extrair e interpretar as informações da temperatura superficial e do índice vegetativo por classe de densidade vegetal;
- Calcular a correlação linear entre a temperatura da superfície e o índice vegetativo;
- Gerar e analisar os mapas de uso e ocupação do solo;
- Extrair e interpretar as informações da temperatura superficial por classe de uso e ocupação do solo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Sensoriamento Remoto

Os primeiros indícios sobre o uso do Sensoriamento Remoto datam do Século XIX com a fixação de câmeras em pombos e balões, no entanto, só em 1909 que se consegue a primeira fotografia tirada de uma aeronave, e é nas décadas de 1940-1950 que começam a ser fixadas câmeras em aeronaves, já em 1957 um satélite de análise das condições da superfície terrestre veio a ser lançado pela Rússia, para fins militares, o SPUTNIK (BATISTELLA, 2008).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta tecnológica que é constantemente utilizada em estudos ambientais devido a sua eficiência técnica de processamento e praticidade quanto a aquisição de dados.

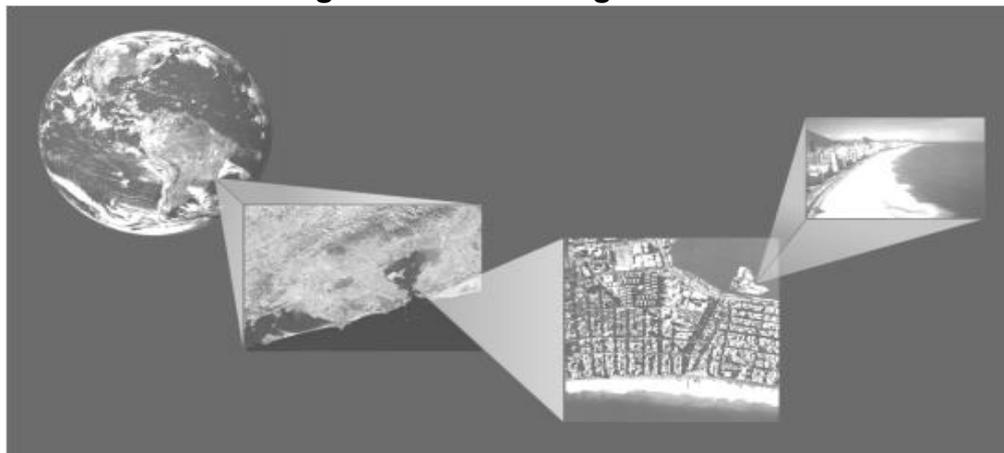
Diante do exposto, pode-se destacar:

Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. (NOVO,1995, p.1)

Para Florenzano (2002), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida pela superfície, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre. Existe atualmente uma facilidade quanto a aquisição de imagens de sensoriamento remoto, que são base para inúmeras interpretações em vários campos da ciência. Essas interpretações são compostas pelos sistemas de análise de dados que incluem o processamento fotográfico, o processamento eletrônico do sinal e a modelagem (NOVO, 1995).

O crescente avanço no uso de sensores remotos possibilitou à produção de imagens com melhores resoluções radiométrica, espacial e temporal, permitiu a visualização de um espaço geográfico em duas e três dimensões e, facilitou o processamento e tratamento de dados para análises ambientais. A Figura 1 ilustra exemplos de imagens geradas a partir de sensoriamento remoto.

**FIGURA 1 – Da esquerda para a direita: imagem GOES, Imagem TM-LANDSAT, fotografia aérea e fotografia local.**



**Fonte: Adaptada de Florenzano (2004).**

De acordo com Moreira (2003, p.109):

No presente estágio de desenvolvimento tecnológico é possível medir, com razoável precisão e a distância, as propriedades espectrais dos alvos e fenômenos da superfície terrestre. Essas medidas são obtidas por meio de dispositivos sistemas sensores.

O mapeamento de grandes extensões de área demanda considerável quantidade de esforços, principalmente quando se almeja resultados mais próximos da realidade, sendo o sensoriamento remoto uma das principais técnicas utilizadas nesse processo (MARQUES et al., 2009). Desse modo, as novas tecnologias na área de sistemas de sensores e geoprocessamento vem se tornando uma peça chave para avaliar, analisar e diagnosticar ambientes naturais com elevado grau de detalhamento e acurácia.

### **3.2 Temperatura da Superfície Terrestre (TST)**

Durante as últimas décadas, o sensoriamento remoto (SR) aplicado em estudos de clima urbano vem ganhando destaque, pois, além de possuir alta resolução espacial e oferecer visões de diferentes escalas, permite a utilização de dados espectrais localizados na região do infravermelho termal dentro da janela atmosférica (DELGADO et al., 2012). A temperatura da superfície terrestre (TST), é entendido como um parâmetro físico correspondente ao fluxo de calor resultante do balanço de radiação que é refletido e absorvido por um corpo, sendo assim importante no entendimento de interações entre a superfície terrestre e a atmosfera (SOBRINHO; KHARRAZ, 2003).

A temperatura da superfície possui uma variável espacial, o qual é influenciada pela quantidade de insolação recebida, pela natureza da superfície, pela distância dos corpos hídricos, pela natureza dos ventos e pelo relevo, e uma variação temporal, condicionada em função nas variações sazonais no volume de radiação recebida (AYOADE, 2003).

As informações acerca da temperatura de superfície são adquiridas por meio de sensores, localizados em satélites ou aeronaves, que detectam a energia emitida pelos objetos que compõem a superfície terrestre (ROCHA, 2007), possibilitando o conhecimento das interações entre superfície e atmosfera (STEINKE V.; STEINKE E.; SAITO, 2010).

Quando se leva em consideração a utilização crescente de imagens de média resolução espacial em estudos ambientais que necessitem das informações de temperatura de superfície numa escala temporal considerável, vale destacar o uso de dados orbitais retirados dos sensores *Thematic Mapper (TM)*, *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)* e o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*, a bordo dos satélites Landsat 5, 7 e 8, respectivamente. Esses sensores apresentam bandas termais – que correspondem ao infravermelho termal – com resolução espacial de 120 m para o sensor TM, de 60 m para o sensor ETM+ e de 100 m (reamostrado para 30m) para o sensor TIRS.

Por possuírem acurada resolução radiométrica e espectral (SANO; FERREIRA JUNIOR, 2005), esses sensores produzem imagens de muito boa resolução espacial e registro temporal efetivo. A saber que, a utilização da banda termal no sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens, possibilita a identificação de respostas termais em função dos mais diversos tipos de cobertura terrestre, servindo de base para inúmeros tipos de estudos ambientais.

### **3.3 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)**

Desde o início da década de 70, dados disponibilizados por satélites, como por exemplo, o acervo de imagens multiespectrais do programa Landsat, têm sido usadas para obter e gerar índices de vegetação, tais como o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), o Índice de Área Foliar (IAF), o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), dentre outros.

O NDVI não produz apenas o mapeamento da presença de vegetação numa base de pixel, mas também proporciona uma medida da quantidade ou densidade de vegetação ou condição dentro de um pixel, que promove a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação a outros fenômenos físicos (ORHAN, 2014). O índice vegetativo (IV) é muito utilizado em estudos que almejam realçar o vigor da vegetação ou a densidade vegetativa de um local. Conforme ressalta Jesus (2005), este índice é usado para identificação e visualização temporal da cobertura vegetal.

Constata-se, assim, relações entre os valores do NDVI com as ocorrências de precipitações e temperatura de superfície, visto que em estações mais úmidas – caracterizada pelo período chuvoso – influencia no aumento da densidade foliar, o que demonstra que as oscilações entre períodos secos e úmidos influem no comportamento das plantas (SANTOS; NEGRINI, 1997).

O NDVI é dado pela diferença entre a reflectância no infravermelho próximo e a reflectância no visível, possui valores que se diferenciam de +1 a -1, no qual quanto mais próximo de +1, maior o vigor, adensamento e atividade fotossintética da vegetação (SANTOS; NEGRINI, 1997). Seguindo essa análise, valores de 0 ou abaixo dele, correspondem a valores aproximados para a inexistência ou ausência de vegetação numa base de pixel, já valores próximos de 0, podem ser caracterizados como corpos hídricos, solo exposto, dentre outros, apresentando também baixa incidência vegetal numa determinada base de pixel. Existe na literatura autores que citam o NDVI para a vegetação variando entre intervalos mais restritos como (FONTANA, 2011), que cita o intervalo entre 0,3 e +1,0 e Ponzoni e Shimabukuro (2010), que cita intervalo entre aproximadamente 0,00 e 0,80.

Nesse contexto, destaca-se a importância do mapeamento da vegetação, que demonstra a localização, extensão e distribuição dos vários tipos de vegetação de uma dada região, apresentando um inventário das comunidades vegetais existentes (BOHRER et al., 2009).

### **3.4 Uso e ocupação do solo**

A análise do uso e ocupação do solo vem se destacando nos estudos ambientais, principalmente pela sua capacidade em diagnosticar o nível de apropriação da sociedade ante o espaço natural, se configurando como instrumento essencial para a gestão municipal e uma importante ferramenta na identificação de

processos de degradação e obtenção de informações dos meios biofísicos e socioeconômicos (SANTOS, 2004).

Os estudos ambientais baseados na caracterização do uso e ocupação do solo são ferramentas essenciais na efetivação de práticas e medidas que garantam a sustentabilidade ambiental no meio urbano e rural. Diversos estudos de planejamento urbano utilizam esse tipo de análise para complementá-los, podendo assim destacar: o Zoneamento Urbano, O Plano Diretor Municipal, Os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental, Mapas de Uso e Ocupação do Solo, dentre outros. Por intermédio desse tipo de estudo é possível elaborar um planejamento racional e integrado da região capaz de amenizar problemáticas advindas do crescimento exagerado (ALMEIDA; VIEIRA, 2008).

Para se avaliar o padrão de ocupação em uma determinada área é necessário entender que a paisagem registrada atualmente nem sempre foi inalterada e possivelmente irá se alterar futuramente, o que é reflexo de influências naturais e antrópicas (FERREIRA; DRESCH; AYACH, 2016).

Neste sentido, Rocha (2002) argumenta que se tem verificado uma grande degradação do meio ambiente terrestre, provocado por uma visão consumidora e descartável dos recursos naturais, como se fossem inesgotáveis, poluindo o solo, a água e o ar e deixando uma perspectiva negativa para as gerações futuras. As alterações no ambiente podem provocar impacto direto nas características fitofisiográficas da região, interferindo na atividade e estrutura do ecossistema e colocando em risco a oferta de serviços ecológicos (CÂNDIDO, 2013). O crescimento populacional e a urbanização nos grandes centros – que são os principais influenciadores do êxodo rural e da industrialização – vem gradativamente provocando impactos ambientais irreversíveis, intensificando em ordem e grau a Crise Ambiental existente.

Faz-se necessária uma atuação planejada do homem no ambiente natural, sendo de grande interesse a produção de mapas de uso do solo por meio de imagens de satélite e ferramentas de sensoriamento remoto, que são fontes de dados espaço-temporais e permitem a avaliação do comportamento atual do uso do solo em determinada região (ALVES; COSTA, 2007).

A produção de mapas de uso e cobertura do solo depende da adoção de produtos de sensoriamento remoto, de distintos níveis de aquisição, do uso de

técnicas classificatórias e de levantamentos de campo, como etapas essenciais no processo de sua elaboração (CRUZ et al., 2009). A elaboração desses mapas envolve técnicas de processamento de dados e uma gama de algoritmos matemáticos manipuláveis na interface de um SIG, além disso, as imagens produzidas tem mostrado níveis de detalhamento satisfatórios.

Para se obter o produto final de mapeamento é necessário que a imagem de SR escolhida passe por um processo de classificação, nesse processo a imagem é classificada conforme uma categorização definida automaticamente pelo usuário, que corresponde ao uso atual do solo. O nível de detalhamento das categorias ocorre em função da intensidade da intervenção existente em um determinado território e de suas atividades produtivas, assim como em função de novos empreendimentos propostos e suas repercussões para uma determinada sociedade (MACHADO; OLIVEIRA, 2011).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

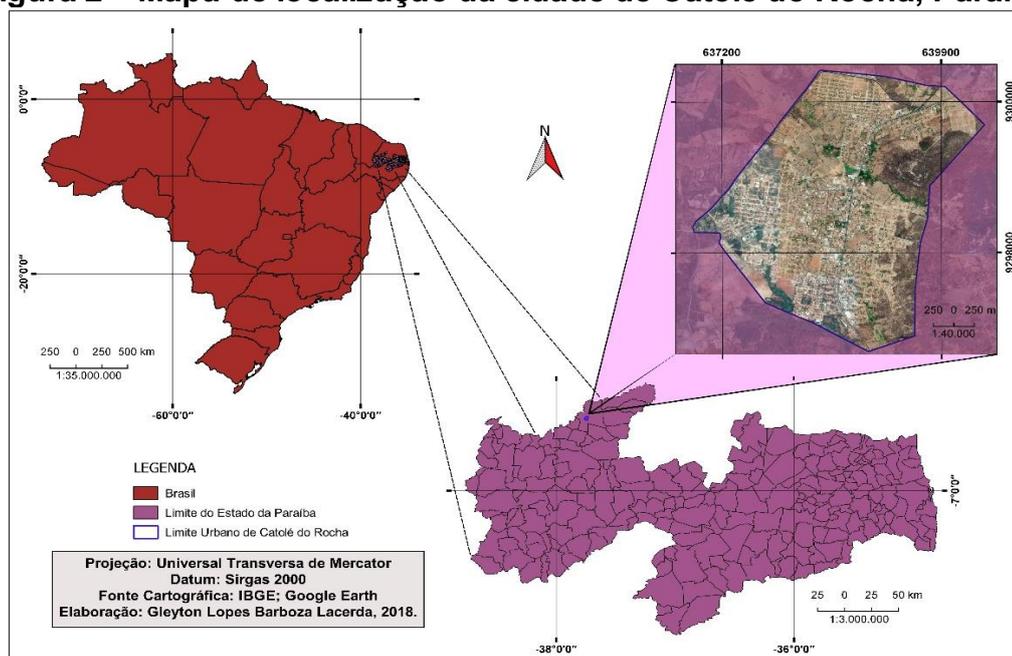
### 4.1 Caracterização da área de estudo

#### 4.1.1 Localização

Catolé do Rocha, cidade localizada na unidade geoambiental da depressão sertaneja apresenta paisagem típica do semiárido nordestino. O município de Catolé do Rocha, com as coordenadas geográficas de latitude  $6^{\circ} 20' 38''$  S e longitude  $37^{\circ} 44' 48''$  O, e a 272 m acima do nível do mar está localizada na região oeste do Estado da Paraíba, Mesorregião Sertão Paraibano e Microrregião Catolé do Rocha (Figura 2). A cidade está inserida na bacia hidrográfica do Médio Piranhas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2017 sua população era estimada em 30.534 habitantes. Sua área territorial é de  $552 \text{ km}^2$  e o limite urbano do município corresponde a uma área de  $7,83 \text{ km}^2$ .

**Figura 2 – Mapa de localização da cidade de Catolé do Rocha, Paraíba.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A cidade de Catolé do Rocha vem passando por um forte processo de industrialização e crescimento econômico, investindo nas mais diversas áreas de empreendedorismo, onde se destaca a indústria têxtil, calçadista e de alumínio, aumentando assim o emprego e a renda na cidade. Sabe-se que as práticas econômicas e as atividades industriais citadas anteriormente podem provocar gradativamente alterações no meio ambiente, principalmente aquelas relacionadas ao

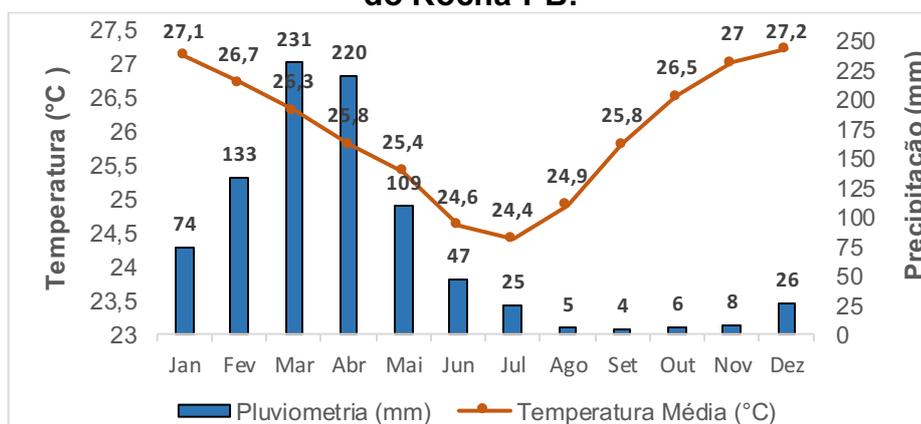
uso e ocupação indevido do solo, a exploração da vegetação e as alterações no microclima urbano. Sua vegetação é do tipo caatinga-sertão hiperxerófila (NETO et al., 2009).

#### 4.1.2 Climatologia

O município de Catolé do Rocha se enquadra no Polígono das Secas, clima Bsh-Semi-árido quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh de seca média com 5 a 7 meses secos (INFORNATUS, 2015). A pluviometria média anual é de 884 mm/ano (CLIMATE-DATA, 2018), sendo que mais de 85% desse total concentra-se em janeiro, fevereiro, março, abril e maio. As precipitações medias mensais são sujeitas a grande variabilidade durante todo o ano (Gráfico 1). Existe aproximadamente uma diferença de 227 mm entre o mês mais chuvoso (Março, 231 mm) e o mês mais seco (Setembro, 4 mm (CLIMATE-DATA, 2018).

As temperaturas médias mensais são sujeitas a uma certa variabilidade, apresentando pequena amplitude térmica no ano (Gráfico 1). A diferença de temperatura entre o mês mais quente (Dezembro) e o mês mais frio (Julho) é de apenas 2,8 °C (CLIMATE-DATA, 2018). Catolé do Rocha é uma cidade de clima arejado, se destaca por apresentar boas condições térmicas durante todo o ano.

**Gráfico 1 – Temperaturas e precipitações médias mensais da cidade de Catolé do Rocha-PB.**



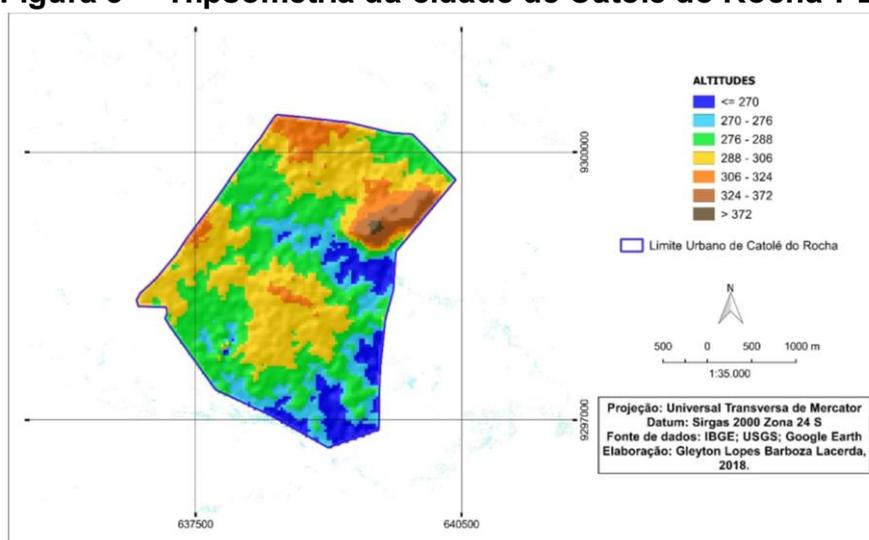
Fonte: Adaptado de CLIMATE-DATA (2018).

#### 4.1.3 Hipsometria

O relevo territorial de Catolé do Rocha apresenta uma superfície ondulada, formada por elevações que são parte do Planalto da Borborema, destacando-se as

principais serras: Coroatá cuja altitude máxima é de 695 m, São Gonçalo 598 m, Três Cabeços 748 m, Almas 472 m, Monte Tabor 300 m (INFORNATUS, 2015). A altitude média do limite urbano de Catolé do Rocha corresponde a 288,9 m. A distribuição das altitudes da cidade é ilustrada na Figura 3.

**Figura 3 – Hipsometria da cidade de Catolé do Rocha-PB.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 4.2 Materiais

Para a elaboração dos mapas de Temperatura da Superfície Terrestre, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada e de Uso e Ocupação do solo, foram utilizadas imagens de maio de 1995 e outubro de 1995 do satélite Landsat 5, sensor TM, com 8 bits de resolução radiométrica, 30 m de resolução espacial (banda 1,2,3,4,5 e 7, Multiespectrais) e 120 m (banda 6, Termal) e, para aprimoramento da análise temporal, foram utilizadas as imagens de maio de 2016 e outubro de 2016 do satélite Landsat 8, sensor OLI e TIRS, 12 bits de resolução radiométrica e resolução espacial que pode variar entre 15 m (banda 8, Pancromática), 30 m (banda 1,2,3,4,5,6,7 e 9, Multiespectrais) e 100 m (bandas termais 10 e 11, podem ser reamostradas para 30 m), no mais, a Tabela 1 disponibiliza informações básicas pertinentes as datas das imagens.

As imagens foram obtidas gratuitamente do site eletrônico *Earth Explorer* pertencente ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O arquivo *shapefile* que corresponde ao perímetro da cidade de Catolé do Rocha foi retirado do site eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A planilha Excel foi

utilizada na construção dos gráficos e tabelas. Os procedimentos para tratamento e processamento das imagens foram inteiramente desenvolvidos no *software* de código aberto *Quantum Geographic Information System 2.18.21*<sup>®</sup> (QGIS).

**Tabela 1– Informações sobre as imagens utilizadas e suas respectivas datas.**

	<u>Data de Captura da imagem</u>			
	06/Mai/1995	29/Out/1995	15/Mai/2016	06/out/2016
<b>Satélite</b>	Landsat 5	Landsat 5	Landsat 8	Landsat 8
<b>Sensor(es)</b>	TM	TM	OLI e TIRS	OLI e TIRS
<b>Órbita/Ponto</b>	216/64	216/64	216/64	216/64
<b>Horário da Captura</b>	12:05	12:04	12:40	12:41

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 4.3 Metodologia

#### 4.3.1 Elaboração dos mapas de Temperatura da Superfície Terrestre (TST)

O processamento digital das imagens para extração dos mapas de temperatura da superfície terrestre e extração das informações de temperatura para Maio e Outubro de 1995 e, conseguinte, em Maio e Outubro de 2016, se inicia com a importação das bandas brutas da faixa termal (bandas 6 e 10) para interface do *software* QGIS, em seguida, as bandas são reprojetaadas para o sistema de referência de coordenadas (SRC) Sirgas 2000 Zona 24 Sul. As informações sobre as bandas do infravermelho termal utilizadas estão especificadas na Tabela 2.

**Tabela 2- Informações acerca das bandas termais utilizadas.**

	Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
<b>Banda 6 para maio e outubro de 1995</b>	Landsat 5	TM	120 m	10,4 - 12,5 $\mu$ m	16 dias	8 bits
<b>Banda 10 para maio e outubro de 2016</b>	Landsat 8	TIRS	100 m (reamostrada para 30 m)	10.6 - 11.19 $\mu$ m	16 dias	12 bits

Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da EMBRAPA – Monitoramento por Satélite (2013).

Realizada a importação e reprojeção das imagens, a ferramenta Calculadora *Raster* é utilizada para as conversões e cálculos de bandas pertinentes ao levantamento do campo térmico.

No satélite Landsat 5, a banda 6 é submetida a conversão do número digital em níveis de cinza para radiância espectral no topo da atmosfera e a conversão de radiância para TST. Essas conversões são feitas através de equações introduzidas pela NASA (QIN; KARNIELI, 2001).

A Equação (1) representa a conversão do número digital em níveis de cinza para radiância espectral no topo da atmosfera ( $L_\lambda$ ):

$$L_\lambda = L_{\min\lambda} + (L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}) * Q_{\text{cal}} / 255 \quad (1)$$

Sendo:

$L_\lambda$  = Radiância espectral no topo da atmosfera ( $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ );

$L_{\min\lambda}$  = Radiância espectral mínima (1,238  $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ );

$L_{\max\lambda}$  = Radiância espectral máxima (15,600  $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ );

$Q_{\text{cal}}$  = Número digital do pixel em nível de cinza (DN).

A Equação (2) representa a conversão de radiância espectral no topo da atmosfera para a estimativa da temperatura da superfície terrestre (TST) em graus Celsius:

$$TST (^\circ C) = ( K_2 / \ln(K_1 / L_\lambda + 1) ) - 273,15 \quad (2)$$

Sendo:

$TST (^\circ C)$  = Temperatura de superfície em graus Celsius;

$K_1$  = Constante de calibração (607,76);

$K_2$  = Constante de calibração (1260,56);

$L_\lambda$  = Radiância espectral no topo da atmosfera ( $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ).

Logo após os procedimentos anteriores é extraído o recorte da área estudada e a definição manual das classes de temperatura, e por fim, os produtos cartográficos são elaborados.

Para o satélite Landsat 8, a banda 10 (faixa termal) é convertida de número digital em níveis de cinza para radiância espectral no topo da atmosfera ( $L_\lambda$ ) e, logo após, submetida a conversão de radiância espectral no topo da atmosfera para

temperatura da superfície terrestre (TST). Nessa etapa foram utilizadas duas equações, disponibilizadas pela USGS, e aplicada por Santos et al (2014).

A Equação (3) representa o cálculo de conversão do número digital em níveis de cinza para radiância espectral no topo da atmosfera ( $L_\lambda$ ):

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (3)$$

Sendo:

$L_\lambda$  = Radiância espectral no topo da atmosfera (W/ m<sup>2</sup>·sr·µm);

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10. Assume o valor de 0,00033420;

$Q_{cal}$  = Número digital do pixel em nível de cinza (DN), ou seja, é a entrada da banda 10 no cálculo;

$A_L$  = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10. Assume o valor de 0,100.

A Equação (4) corresponde a conversão de radiância espectral no topo da atmosfera ( $L_\lambda$ ) para a estimativa da temperatura da superfície terrestre (TST) em graus Celsius:

$$TST (^\circ C) = ( K_2 / \ln(K_1 / L_\lambda + 1) ) - 273,15 \quad (4)$$

Sendo:

$TST (^\circ C)$  = Temperatura de superfície em graus Celsius;

$K_1$  = Constante de calibração (774,89);

$K_2$  = Constante de calibração (1321,08);

$L_\lambda$  = Radiância espectral no topo da atmosfera (W/ m<sup>2</sup>·sr·µm).

Logo após a esses procedimentos pode ser extraído o recorte da área estudada e feita a definição manual das classes de temperatura, por fim, os produtos cartográficos são elaborados.

#### 4.3.2 *Elaboração dos mapas de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)*

A etapa de processamento digital das imagens para extração dos mapas de índice vegetativo e extração das informações de vegetação para Maio e Outubro de 1995 e, conseguinte, em Maio e Outubro de 2016, se inicia com a importação das

bandas multiespectrais para a interface do *software* QGIS, logo após, as imagens são devidamente reprojatadas para o SRC Sirgas 2000 Zona 24 Sul. O pré-processamento das imagens se encerra com a correção atmosférica feita através da opção *Preprocessing* do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP).

O arquivo de metadados (MTL) – documento de texto com informações a incluir na correção atmosférica – deve ser anexado separadamente na caixa de definições do SCP, devido suas informações variarem conforme a data de aquisição das imagens, desse modo, cada imagem de satélite possui seu arquivo MTL correspondente. Informações sobre as bandas utilizadas foram disponibilizadas na Tabela 3.

**Tabela 3 – Informações acerca das bandas multiespectrais.**

	<b>Bandas Utilizadas</b>	
	<b>Bandas 3 e 4</b>	<b>Bandas 4 e 5</b>
<b>Data de captura</b>	Maio e outubro de 1995	Maio e outubro de 2016
<b>Descrição das Bandas</b>	Vermelho (RED) e Infravermelho próximo (NIR)	Vermelho (RED) e Infravermelho próximo (NIR)
<b>Satélite</b>	Landsat 5	Landsat 8
<b>Sensor</b>	TM	OLI
<b>Resolução Espacial</b>	30 m	30 m
<b>Resolução Espectral</b>	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$ e 0.63 - 069 $\mu\text{m}$	0.630 - 080 $\mu\text{m}$ e 0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$
<b>Resolução Temporal</b>	16 dias	16 dias
<b>Resolução Radiométrica</b>	8 bits	12 bits

**Fonte: Elaborado pelo autor com dados extraídos da EMBRAPA – Monitoramento por Satélite (2013).**

Realizada a importação e pré-processamento das imagens (reprojeção e correção atmosférica), a ferramenta Calculadora Raster é utilizada para os cálculos de bandas pertinentes ao levantamento do campo vegetativo.

O NDVI é calculado pela diferença das reflectâncias das bandas do Infravermelho Próximo (*NIR*) e do Vermelho (*RED*), normalizada pela soma das mesmas bandas, de acordo com a Equação (5) proposta por Rouse et al. (1973):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (5)$$

Sendo:

**NDVI** = Índice de vegetação da diferença normalizada;

**NIR** = Valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo;

**RED** = Valor da reflectância na faixa do vermelho.

A equação de Rouse (1973) pode ser utilizada em todos os satélites da série Landsat, alterando apenas as bandas que correspondem ao *NIR* (reflectância na faixa do infravermelho próximo) e *RED* (reflectância na faixa do vermelho). Para geração do índice vegetativo com imagens do Landsat 5 utiliza-se as bandas 3 (*RED*) e 4 (*NIR*) e, para o Landsat 8 utiliza-se as bandas 4 (*RED*) e 5 (*NIR*). Depois de realizado o cálculo de NDVI pode ser extraído o recorte da área estudada.

Segundo Ming e Liu (2000), valores de NDVI maiores que 0,6 estão associados à vegetação extremamente pronunciada, e de 0,3 a 0,6 à cobertura vegetal pouco densa e área disposta de forma adjunta às regiões verdes.

Sabendo que, valores negativos (até -1) representam nuvens ou água e que valores entre 0 e 0,3 indicam solo exposto, área urbanizada ou vegetação em crescimento, foram definidas as seguintes classes baseadas nas faixas de NDVI geradas no cálculo: Sem vegetação ( $NDVI < 0$ ); Densidade vegetal insuficiente/pobre ( $0 < NDVI < 0,3$ ); Baixa densidade vegetal ( $0,3 < NDVI < 0,6$ ); e, Alta densidade vegetal ( $NDVI > 0,6$ ). A categorização das classes de NDVI podem ser definidas através do geocalgoritmo *r.recode* disponível na ferramenta *GRASS GIS 7*.

#### *4.3.3 Sobreposição de dados vetoriais e matriciais para obtenção das informações de TST, NDVI e uso e ocupação do solo*

*Para se obter as informações de NDVI sobrepostas com as de temperatura, os mapas categorizados de NDVI foram vetorizados através do geocalgoritmo *r.to.vector* e dissolvidos (*dissolve*) para se agrupar as classes. Logo em seguida, as classes de NDVI – já vetorizadas e dissolvidas – são utilizadas para extrair o recorte nos mapas de temperatura, assim obteve-se informações acerca da média de temperatura por classe, do NDVI médio por classe e as respectivas áreas das classes de NDVI.*

Para obtenção das informações de uso e ocupação de solo sobrepostas com as de temperatura, as classes de uso e ocupação vetorizadas foram utilizadas para

extrair o recorte nos mapas de temperatura, obtendo informações da média de temperatura por classe de uso e suas respectivas áreas.

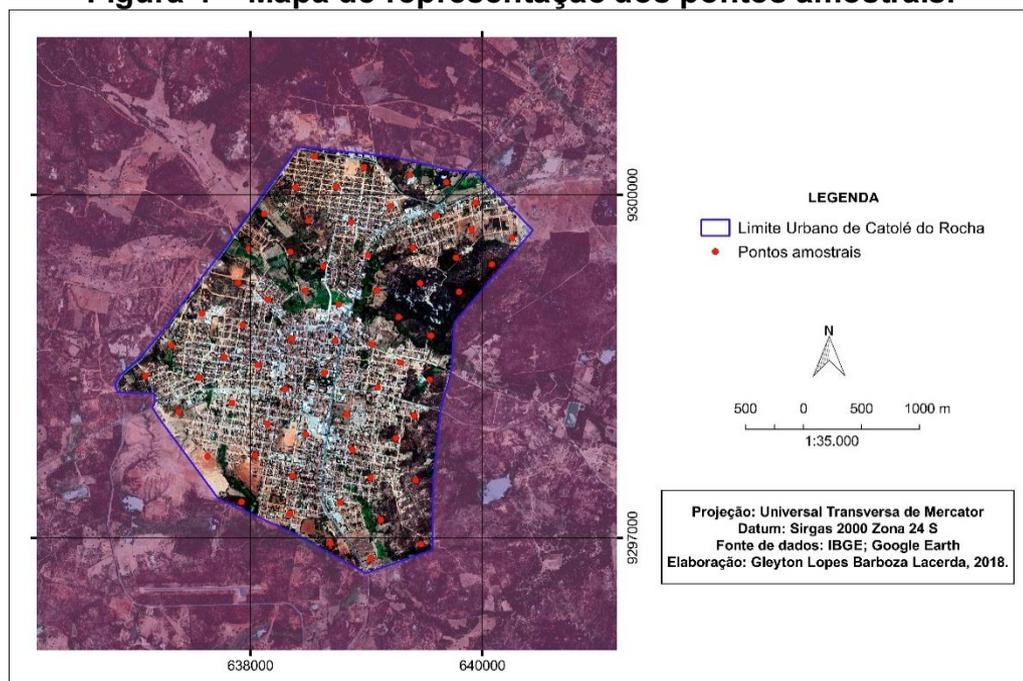
#### 4.3.4 Avaliação Estatística

A avaliação estatística foi possível por intermédio de ferramentas e geocalgoritmos disponibilizados no software Qgis. Inicialmente foi usado uma ferramenta de seleção vetorial que gera pontos aleatórios em um dado limite ou extensão, sabendo que, o número de pontos (65 pontos) e a distância mínima entre os pontos (250 metros) podem ser definidos pelo usuário (Figura 4). Logo após, foi utilizado o geocalgoritmo *v.sample*, que realiza a plotagem/coleta das informações de determinada camada raster. Essas informações são retiradas da sobreposição entre os pontos aleatórios e o pixel da camada.

Na caixa de definições do geocalgoritmo *v.sample* pode ser indicado os pontos aleatórios e a camada *raster* o qual se deseja extrair as informações, obtendo uma nova camada vetorial de pontos.

Com a tabela de atributos da camada vetorial de pontos gerada é possível ter acesso às informações necessárias para se realizar a análise de correlação e a confecção dos gráficos.

**Figura 4 – Mapa de representação dos pontos amostrais.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.3.5 *Elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo*

No mapeamento de uso e ocupação do solo são estabelecidas categorias com o objetivo de se classificar as atividades realizadas, para efeito de sua regulação e detalhamento das categorias ocorre em função da intensidade da intervenção existente em um determinado território e de suas atividades (MACHADO; OLIVEIRA, 2011).

O processamento para confecção dos mapas de uso e ocupação do solo inicialmente seguem as linhas básicas de pré-processamento de imagens (reprojeção e correção atmosférica). As imagens corrigidas passam pela geração de uma composição colorida – normalmente se utiliza as bandas do azul, do vermelho e do infravermelho-, que tem a finalidade de aprimorar o realce dos diferentes alvos ou classes existentes no solo, levando em consideração a realidade local. Adiante, na opção *SCP input* da ferramenta *SCP Dock* é feita a escolha/indicação da composição colorida e a criação de um arquivo de treinamento para se criar as amostras das classes de uso e ocupação do solo definidas pelo usuário, logo após se utiliza a opção *Classification Dock* inclusa na ferramenta *SCP Dock* para classificação supervisionada em outubro de 1995 e outubro de 2016.

A imagem utilizada na classificação supervisionada em outubro de 2016, passou pelo processo de fusão de imagens, com intuito de melhorar a identificação dos diferentes usos do solo na classificação. Esse processo realizado através da aplicação externa *Orfeo Monteverdi* no QGIS, dimensiona a resolução espacial da banda multiespectral (30 m) para a extensão e resolução espacial da banda pancromática (15 m).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

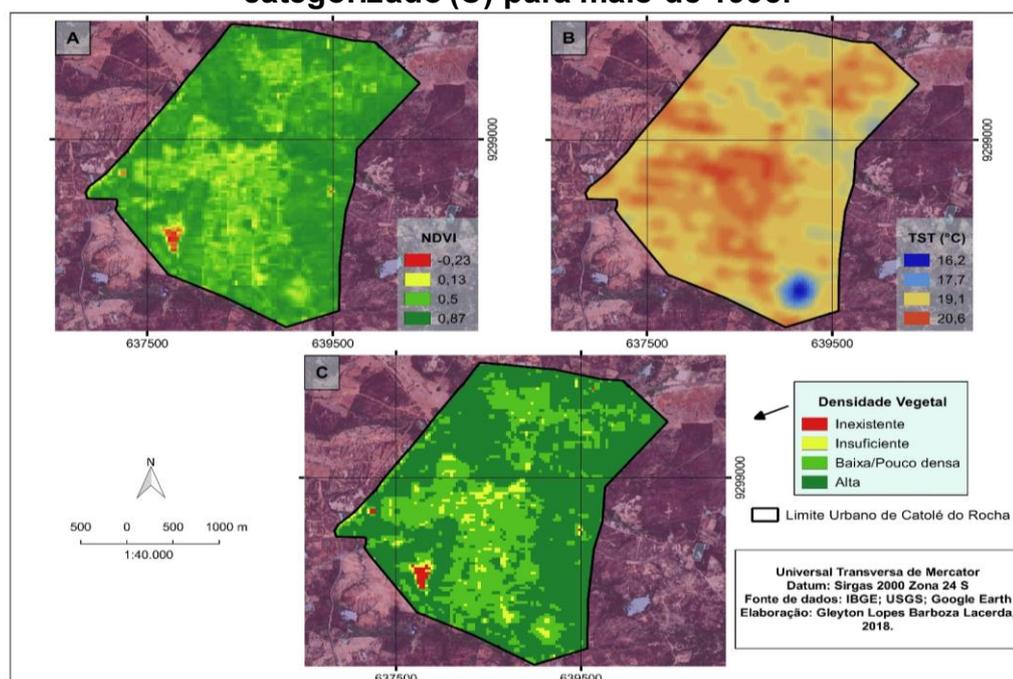
### 5.1 Análise da TST e do NDVI para maio e outubro de 1995

A Figura 5 evidencia a temperatura de superfície e o índice vegetativo para a data de 06/05/1995, às 12:05 horas, sendo possível visualizar suas espacializações. O mapeamento do NDVI (Figura 5A) inferiu um valor médio de 0,61, revelando uma alta incidência vegetal, e o mapeamento da TST (Figura 5B) revelou uma temperatura média de 19,4 °C.

Observando o mapa de NDVI categorizado (Figura 5C), percebe-se que a vegetação do entorno da cidade delimitou prováveis porções urbanas e solo exposto. Esse fato pode ser resultado da pluviometria nos meses anteriores a maio, condicionando um maior afloramento vegetal, conseqüentemente, maiores índices vegetativos.

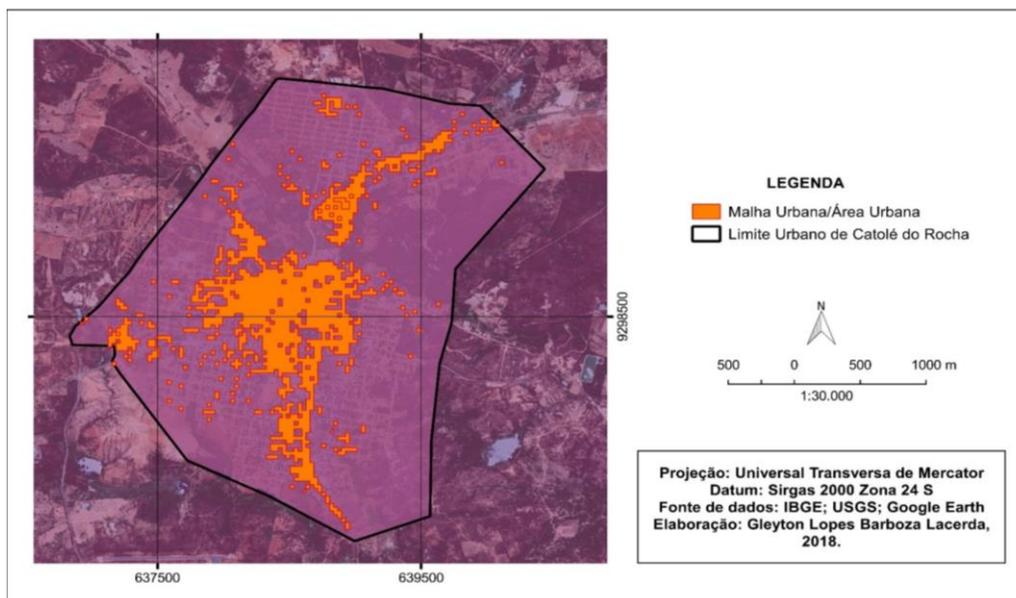
Comparando a espacialização da TST e da malha urbana (Figura 6) percebe-se nitidamente que as maiores temperaturas permeiam quase toda área urbanizada da cidade. Destaca-se ainda que, a comparação da distribuição espacial dos mapas da TST e do NDVI indicam que as menores temperaturas se concentraram nas áreas de entorno da cidade – essas áreas evidenciaram menores temperaturas, devido seu maior vigor vegetal durante todo o período chuvoso.

**Figura 5 – Mapa de NDVI (A), Mapa de TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para maio de 1995.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

**Figura 6 – Espacialização da malha urbana no ano de 1995.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

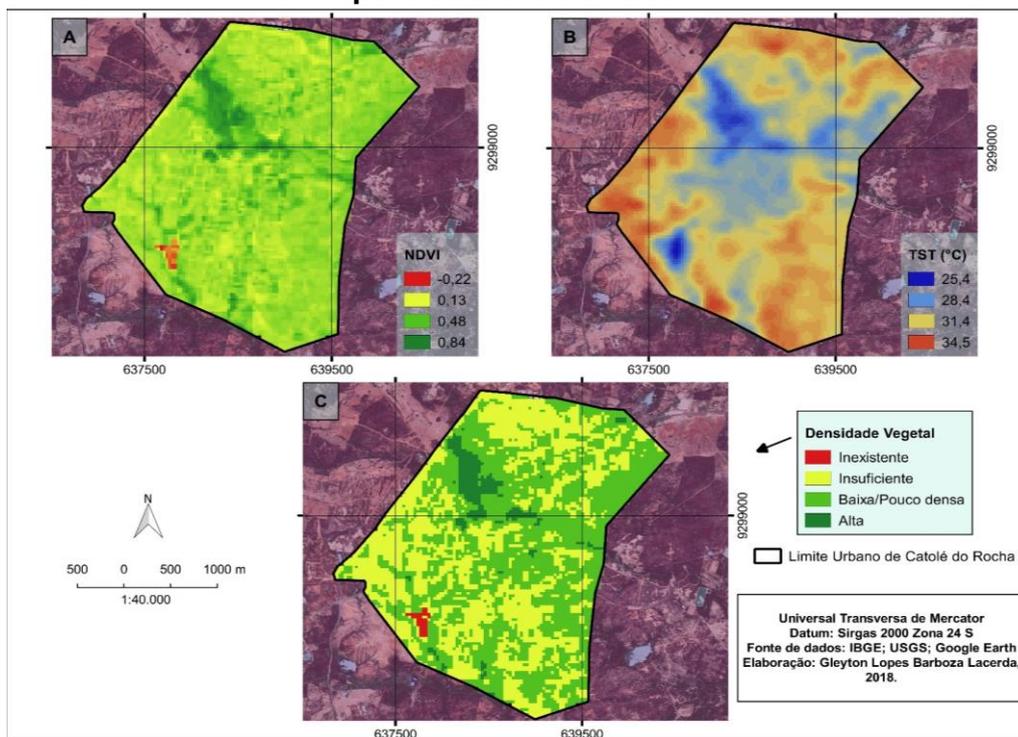
A espacialização da temperatura de superfície e do índice vegetativo referente a data de 29/10/1995, às 12:04 horas, são demonstrados na Figura 7. No que se trata ao mês de outubro, o mapeamento NDVI (Figura 7A) atribuiu NDVI médio de 0,33, na mesma data, o valor médio de TST (Figura 7B) foi de 31,0 °C. Interpretando as espacializações do NDVI categorizado para outubro de 1995 (Figura 7C) e o mapa do NDVI, nota-se um decaimento brusco no realce/afloramento da vegetação – o NDVI médio oscilou de 0,61 para 0,33—, quando se compara o mês de maio ao de outubro. Segundo Covele (2011), essa oscilação pode ser explicada pelas distintas estações, chuvosa e seca, que possuem influência no afloramento da vegetação como resposta à precipitação, de forma que no período de estiagem a vegetação tende a ter seu desenvolvimento reduzido, isso pode ser observado por meio da análise do NDVI.

Denota-se maiores índices em maio, mês incluído no período chuvoso, e menores índices em outubro, mês pertencente ao período de estiagem. As menores temperaturas se localizaram em áreas com maior adensamento vegetal – fato semelhante ao que ocorreu no mês de maio –, obtendo destaque na porção noroeste, nordeste e central do limite urbano da cidade.

A redução da vegetação no entorno da cidade que provavelmente foi ocasionada pelo período de estiagem e atividades antrópicas, influenciou no aumento da temperatura nessas áreas, e conseqüentemente, resultou em menores temperaturas nos locais da área urbanizada onde existe vegetação preservada ou

resiliente, pois sabe-se que, tanto no inverno ou no verão, existe uma maior possibilidade das maiores temperaturas se concentrarem sobre a malha urbana.

**Figura 7 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para outubro de 1995.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na análise da Tabela 4, verifica-se que existe uma tendência quando se compara os valores do NDVI médio e temperatura média por classe de densidade vegetal para 05/Maio/1995 e 29/Outubro/1995, foi observado que quanto maior for o valor de NDVI médio, menor será os valores da temperatura superficial por classe. Paula et al. (2016) observaram uma correlação inversamente proporcional entre o NDVI e a TST, nisto, lugares com maiores valores de NDVI, ocasionam menores valores de temperatura, e acrescenta-se que, determinada vegetação com maior densidade vegetal propiciará temperaturas mais amenas ou áreas de frescor em suas imediações.

Verificou-se uma proporção dominante de 62,1% de área (4,68 km<sup>2</sup>) para vegetação com alta densidade em maio, onde se estabeleceu um NDVI médio de 0,72 e temperatura média de 19,28 °C, enquanto que, para outubro essa classe apresentou uma proporção de área de 4,3% (0,33 km<sup>2</sup>), que corresponde a uma redução de 92,9% de área (4,52 km<sup>2</sup>) se comparado ao mês de maio.

Em outubro a classe de densidade vegetal dominante foi a baixa/pouco densa, com proporção de área de 51,7% (4,05 km<sup>2</sup>), NDVI médio de 0,37 e TST média de 30,74 °C. Mesmo com as oscilações de temperatura e IV entre os meses avaliados, as classes de densidade vegetal Alta e Inexistente se mantiveram com as menores médias de temperatura.

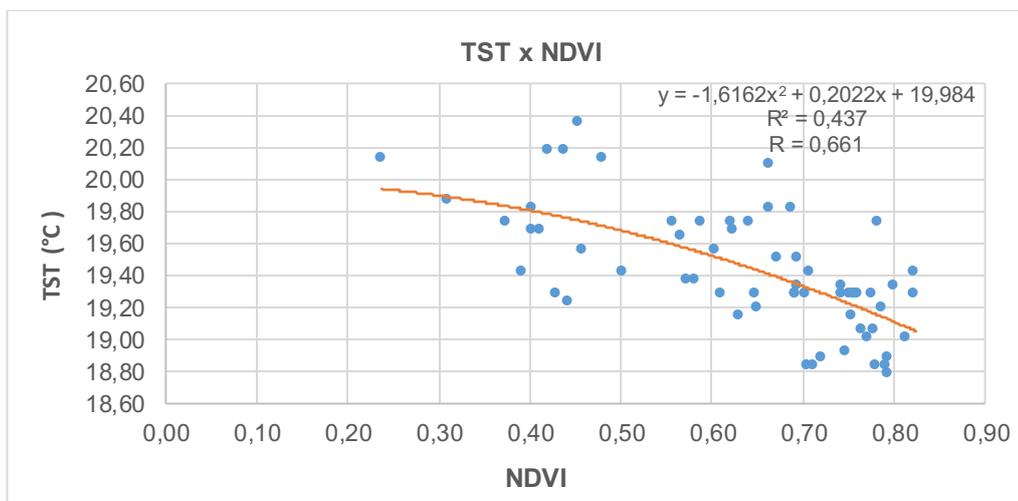
**Tabela 4 – Informações do NDVI e TST por classe de densidade vegetal para maio e outubro de 1995.**

		<u>MAIO DE 1995</u>	NDVI Médio	Temperatura Média (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
CLASSES DA DENSIDADE VEGETAL	Inexistente (NDVI < 0)		-0,12	19,15	0,04	0,5
	Insuficiente (0 < NDVI < 0,3)		0,24	19,74	0,28	3,6
	Baixa/Pouco densa (0,3 < NDVI < 0,6)		0,46	19,61	2,65	33,8
	Alta (NDVI > 0,6)		0,72	19,28	4,86	62,1
		<u>OUTUBRO DE 1995</u>	NDVI Médio	Temperatura Média (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
CLASSES DA DENSIDADE VEGETAL	Inexistente (NDVI < 0)		-0,7	26,81	0,04	0,5
	Insuficiente (0 < NDVI < 0,3)		0,25	31,74	3,41	43,5
	Baixa/Pouco densa (0,3 < NDVI < 0,6)		0,37	30,74	4,05	51,7
	Alta (NDVI > 0,6)		0,69	27,96	0,33	4,3
<b>Total</b>	–	–	–	–	7,83	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se no Gráfico 2 que aproximadamente 44% das mudanças ocorridas na TST podem ser explicadas pelos valores de NDVI. O coeficiente de correlação indicou uma correlação moderada entre as variáveis, com valor de 0,661. A correlação encontrada pode ser em parte explicada pela relação inversamente proporcional entre as variáveis de TST e NDVI. Devido essa relação, os vários usos e ocupação do solo influenciaram nos valores de NDVI e conseqüentemente, nos de TST. Outro fator contribuinte nessa correlação é a sazonalidade das chuvas, pois devido ao mês de maio se incluir no período chuvoso influenciou numa maior intensidade da atividade convectiva, na umidade relativa do ar, na umidade do solo e na atividade fotossintética, desta forma, resultando em uma maior heterogeneidade das temperaturas, aumentando assim, a disparidade entre a dependência das variáveis.

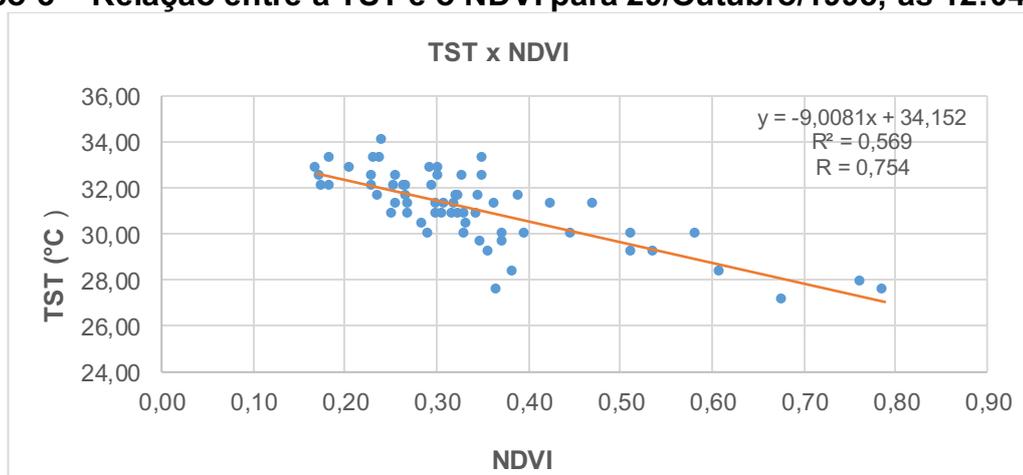
**Gráfico 2 – Relação entre a TST e o NDVI para 06/Maio/1995, às 12:05 horas.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na análise do Gráfico 3, aproximadamente 57% da variabilidade da temperatura está relacionado aos valores de NDVI. O coeficiente de correlação indicou uma forte correlação entre as variáveis, com valor de 0,754. Essa maior correlação (57%) pode ser relacionada a não participação da variável pluviométrica. No período de estiagem ocorre uma menor ou quase nula incidência de precipitações, resultando em menores valores do índice vegetativo (IV), seguindo assim, uma relação de inversa proporcionalidade com a TST.

**Gráfico 3 – Relação entre a TST e o NDVI para 29/Octubro/1995, às 12:04 horas.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

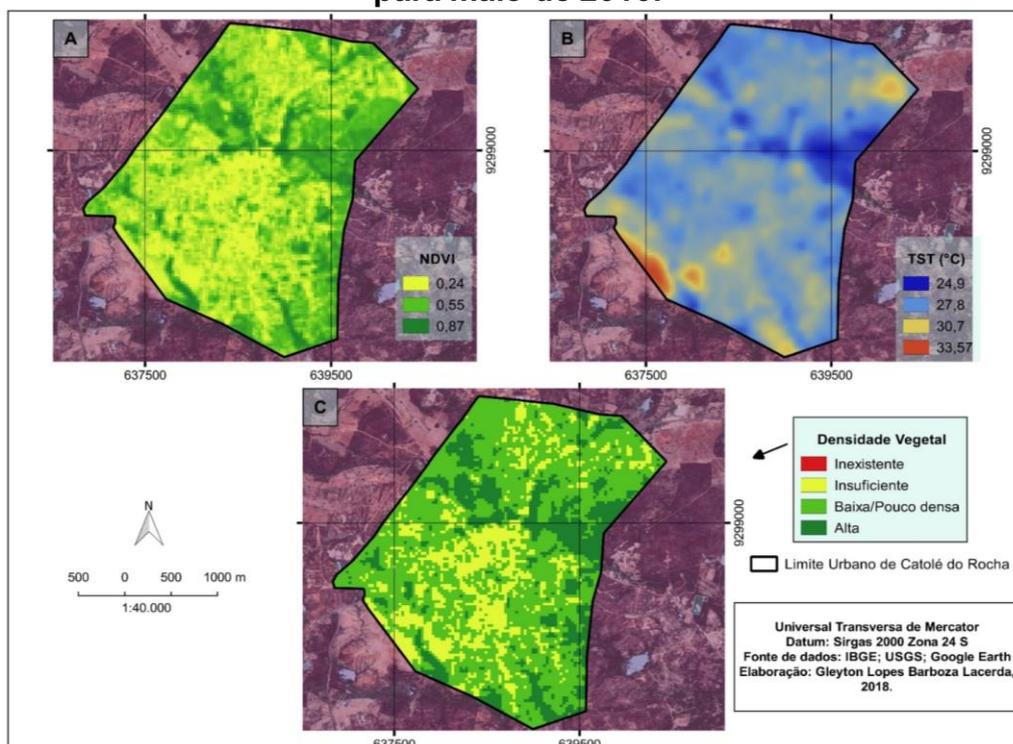
## 5.2 Análise da TST e do NDVI para maio e outubro de 2016

A espacialização da temperatura de superfície e o índice vegetativo para a data de 15/05/2016, às 12:40 horas, são demonstrados na Figura 8. O mapeamento do NDVI (Figura 8A) resultou em um NDVI médio de 0,54, enquanto que, o mapeamento da TST (Figura 8B) revelou temperatura média de 28,4 °C.

Observando o mapa de NDVI nota-se que não ocorreram valores negativos de do índice vegetativo, descartando a presença de nuvens e de corpos hídricos, sendo esse comportamento espectral ainda verificado no mapa categorizado de NDVI (Figura 8C).

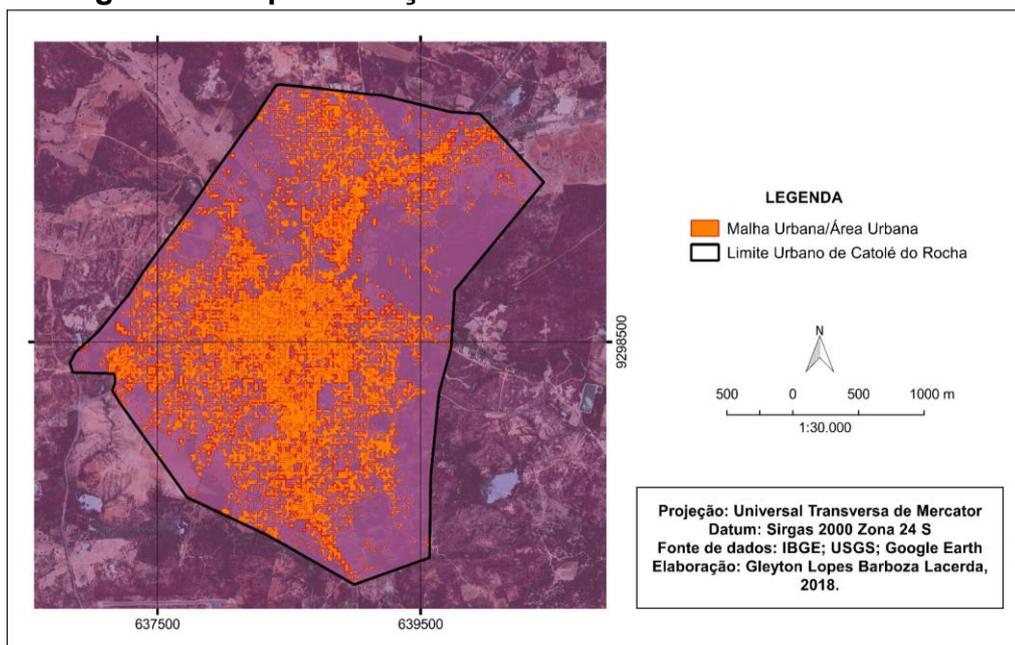
Ao se comparar os mapas da TST e do NDVI, se observa que as menores temperaturas se concentraram nas áreas de maior adensamento vegetal (a exemplo das áreas de entorno) e houve uma maior heterogeneidade das temperaturas. Essa heterogeneidade pode ser em parte explicada pela redução brusca da vegetação, ocasionada pelo período de estiagem e expansão urbana (Figura 9). Diante das afirmações, ressalta-se que, a presença de áreas verdes tem efetiva participação no condicionamento e equilíbrio térmico das cidades.

**Figura 8 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para maio de 2016.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

**Figura 9 – Espacialização da malha urbana no ano de 2016.**



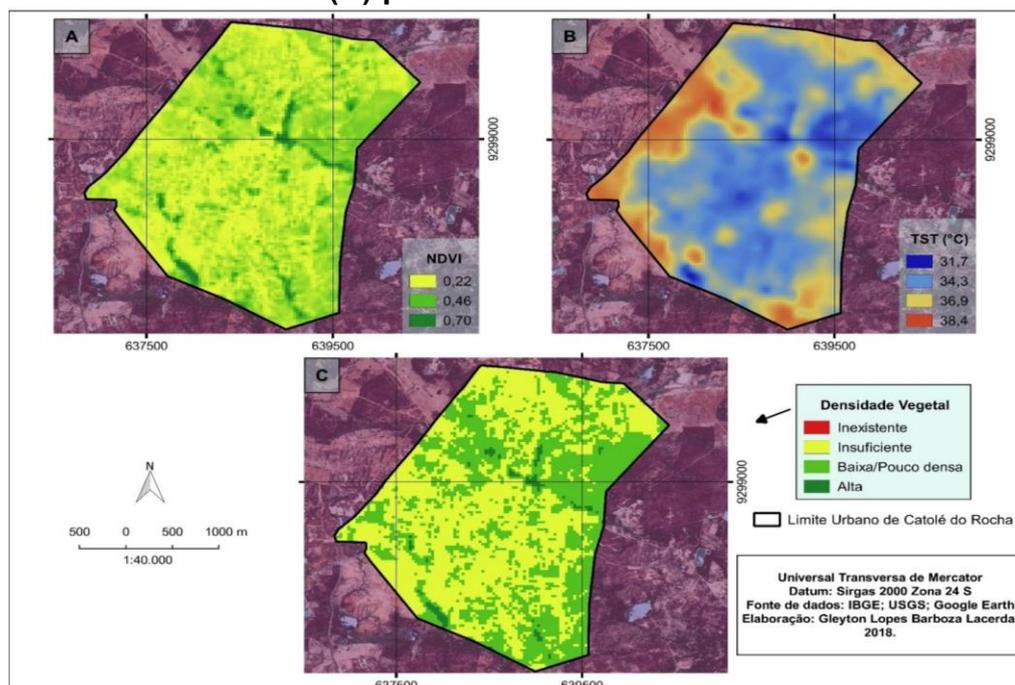
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A espacialização da temperatura de superfície e do índice vegetativo referente a data de 06/10/2016, às 12:41 horas, são demonstrados na Figura 10. O mapeamento do NDVI (Figura 10A) atribuiu NDVI médio de 0,35 (35% de redução se comparado a maio), enquanto que, o mapeamento da TST (Figura 10B) atribuiu temperatura média de 31,0 °C.

O mapeamento do NDVI categorizado (Figura 10C) para outubro de 2016 evidenciou uma forte predominância de áreas com densidade vegetal insuficiente – característica de solo exposto, áreas urbanizadas e vegetação em crescimento – e, ainda, uma menor incidência de vegetação mais densa nas áreas de entorno da cidade, que pode estar associada a expansão urbana decorrente de um período de 21 anos (1995-2016) e ao decaimento no afloramento vegetal resultante do período de estiagem.

As áreas de entorno evidenciaram temperaturas mais elevadas, assim, os menores valores de temperatura incidirão em outras áreas, supostamente em áreas de maior incidência vegetal – certamente, as condições de entorno podem apresentar características de cobertura do solo (solo exposto, vegetação rala, dentre outros) que interferem diretamente na absorção de uma maior radiação solar.

**Figura 10 – Mapa do NDVI (A), Mapa da TST (B) e Mapa do NDVI categorizado (C) para outubro de 2016.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na Tabela 5, ao se comparar os valores da TST média e do NDVI médio por classe para 15/05/2016 e em 06/10/2016, verifica-se que existe uma relação de inversa proporcionalidade entre eles, havendo um decaimento na temperatura à medida que o adensamento vegetal aumenta. Resultado similar foi encontrado para os meses avaliados no ano de 1995.

A classe da densidade vegetal de maior proporção para maio foi a baixa/pouco densa, com 59,6% de área (4,67 km<sup>2</sup>), um NDVI médio de 0,43 e temperatura média de 28,6 °C. Em contrapartida, para o mês de outubro essa classe apresentou uma proporção de 42,9% de área da cidade (3,36 km<sup>2</sup>).

Para o mês de outubro houve uma maior predominância de densidade vegetal insuficiente, com proporção de ocupação de área de 55,6% (4,35 km<sup>2</sup>), NDVI médio de 0,24 e TST média de 35,6 °C. Nesse meio tempo, entre maio e outubro de 2016, houve uma redução de 92% nas áreas com alta densidade vegetal – passou de 19,3% para 1,5% de área.

Ao se comparar os anos de 1995 e 2016 obteve-se resultados consistentes sobre mudanças no padrão vegetal da cidade. A redução de vegetação densa entre maio de 1995 e maio de 2016 foi de 68,9% (3,35 km<sup>2</sup> de área), por conseguinte, houve uma redução de 63,6% (0,21 km<sup>2</sup>) entre outubro de 1995 frente a outubro de 2016.

Vale ainda ressaltar a ocorrência de alterações do vigor vegetal em áreas caracterizadas como vegetação densa e esparsa entre outubro de 1995 e outubro de 2016, totalizando uma redução de 20,5%, que corresponde a uma área de 0,9 km<sup>2</sup>.

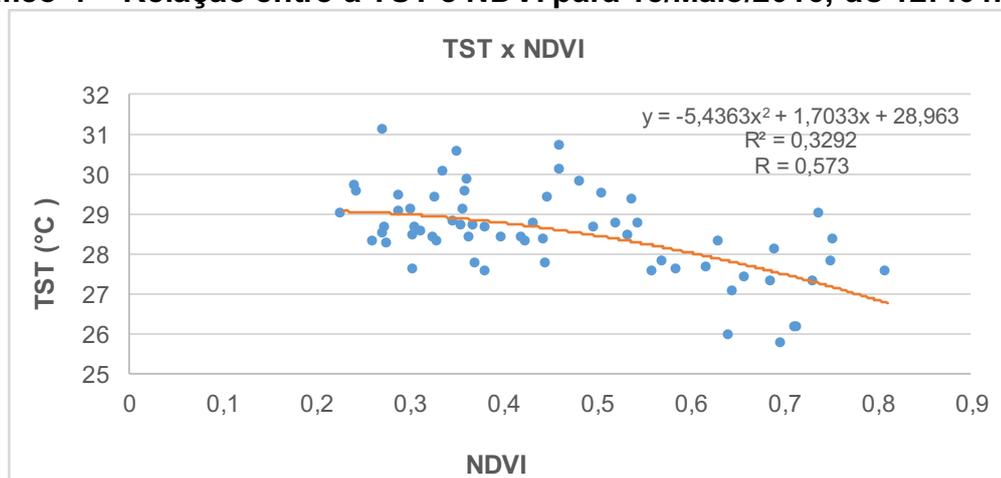
**Tabela 5 – Informações do NDVI e TST por classe de densidade vegetal para maio e outubro de 2016.**

<u>MAIO DE 2016</u>		NDVI Médio	Temperatura Média (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
CLASSES DA DENSIDADE VEGETAL	Inexistente (NDVI < 0)	–	–	–	–
	Insuficiente (0 < NDVI < 0,3)	0,25	29,0	1,65	21,1
	Baixa/Pouco densa (0,3 < NDVI < 0,6)	0,43	28,6	4,67	59,6
	Alta (NDVI > 0,6)	0,70	27,4	1,51	19,3
<u>OUTUBRO DE 2016</u>		NDVI Médio	Temperatura Média (°C)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
CLASSES DA DENSIDADE VEGETAL	Inexistente (NDVI < 0)	–	–	–	–
	Insuficiente (0 < NDVI < 0,3)	0,24	35,6	4,35	55,6
	Baixa/Pouco densa (0,3 < NDVI < 0,6)	0,36	35,4	3,36	42,9
	Alta (NDVI > 0,6)	0,60	33,9	0,12	1,5
<b>Total</b>	–	–	–	7,83	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O valor do coeficiente de correlação entre as variáveis foi de 0,573. Evidencia-se que para a data avaliada (maio de 2016), o comportamento da temperatura pode ser explicado em 33% pelos valores de NDVI (Gráfico 4).

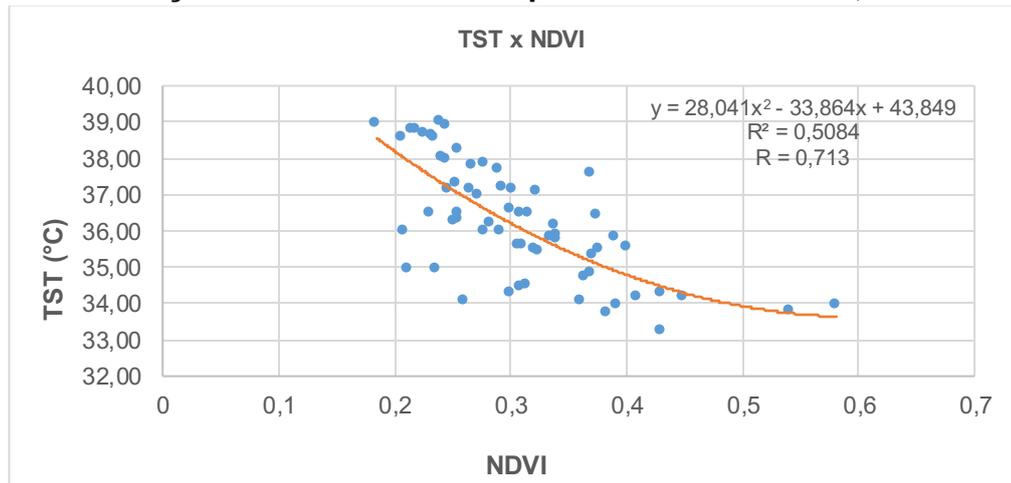
**Gráfico 4 – Relação entre a TST e NDVI para 15/Maio/2016, às 12:40 horas.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na data de 06/outubro/2016 as variáveis avaliadas revelaram uma tendência significativa, com um coeficiente de determinação de aproximadamente 51% (Gráfico 5). Foi indicada também uma forte correlação entre os valores de TST e NDVI no valor 0,71.

**Gráfico 5 – Relação entre a TST e NDVI para 06/Outubro/2016, às 12:41 horas.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

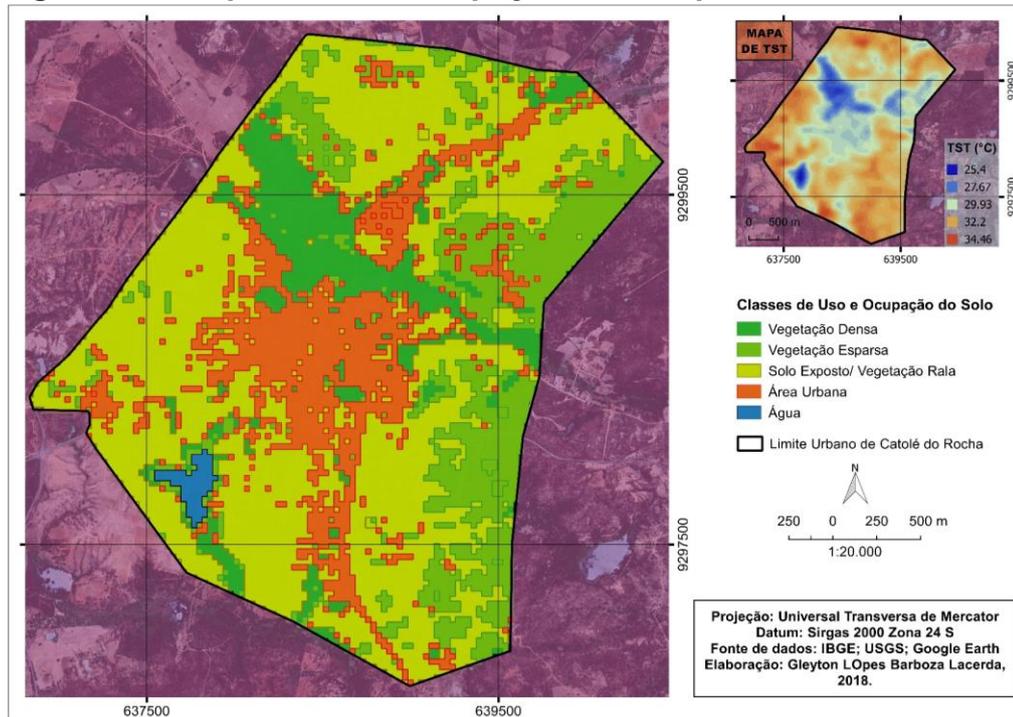
### 5.3 Uso e ocupação do solo da cidade de Catolé do Rocha - PB

Na classificação supervisionada para outubro de 1995 foram identificadas 5 classes de cobertura do solo, sendo estas: vegetação densa, vegetação esparsa, solo exposto/vegetação rala, área urbana e água (Figura 11).

Denota-se que as classes de vegetação densa alocaram as menores temperaturas e que as áreas com maior predominância de solo exposto/vegetação rala e vegetação esparsa apresentaram as maiores temperaturas, como já era esperado.

A classificação supervisionada da área urbana no ano de 1995 resultou em uma espacialização mais discreta, devido sua baixa resolução espacial (30 m), apresentando uma maior homogeneidade de suas áreas quando comparada a outubro de 2016, que apresentou áreas mais dispersas, devido sua melhor resolução espacial (15 m). A diferença entre as resoluções espaciais das imagens acaba por produzir áreas genéricas durante o processo de classificação, inferindo em resultados que diferem da realidade. Aconselha-se utilizar imagens com as mesmas resoluções espaciais.

**Figura 11 – Mapa de uso e ocupação do solo para outubro de 1995.**

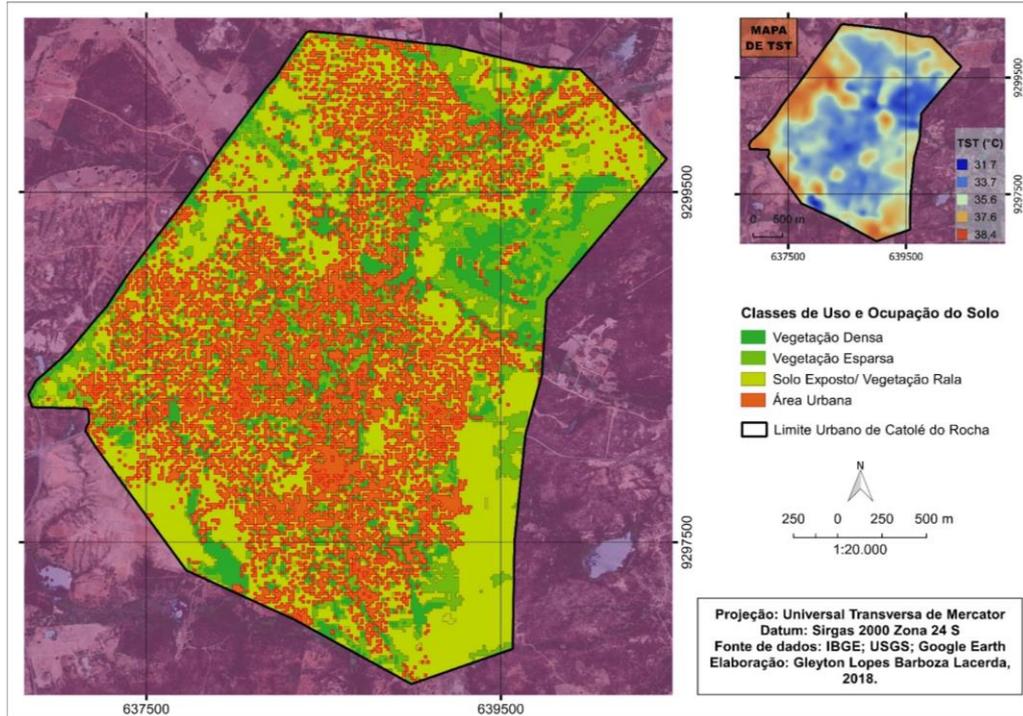


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A partir da classificação supervisionada para outubro de 2016 foi possível identificar 4 classes de cobertura do solo, sendo estas: vegetação densa, vegetação esparsa, solo exposto/vegetação rala e área urbana (Figura 12). No ano avaliado não foi identificado corpos hídricos, ressaltando o desaparecimento de um corpo d'água que se localizava na porção sudoeste da cidade no ano de 1995.

A interpretação do mapa mostrou que as áreas com maior adensamento vegetal implicaram em menores temperaturas (a exemplo da região nordeste da cidade), e se verificou áreas vegetadas em porções distribuídas da área urbanizada. As áreas arborizadas são atenuadoras dos efeitos da radiação solar, sendo assim, Braga e Pires (2000) afirmam que, as áreas verdes são importantes nas cidades, pois proporcionam melhorias no ambiente excessivamente impactado e benefício para os habitantes das mesmas. A área urbana apresentou temperaturas mais amenas quando comparada as áreas de entorno.

**Figura 12 – Mapa de uso e ocupação do solo para outubro de 2016.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As informações das distribuições das classes de uso e ocupação do solo e da TST por classe para outubro de 1995 e outubro de 2016 estão disponibilizados na Tabela 6 e ilustradas no Gráfico 6. No ano de 1995 a classe predominante foi a de solo exposto/vegetação rala, com 49,6% de ocorrência (3,88 km<sup>2</sup>) e média de temperatura de 31,8 °C.

A classe de solo exposto/vegetação rala no ano de 2016 apresentou a maior proporção de área, no valor de 39,6% (3,1 km<sup>2</sup>) e temperatura média de 35,2. Ressalta-se uma redução de 20% (0,78 km<sup>2</sup>) para essa classe quando comparada a outubro de 1995.

Se pode elucidar que a vegetação densa do município foi suprimida em 28,7% de área (0,33 km<sup>2</sup>) entre os anos de 1995 e 2016. Não obstante, a área urbanizada expandiu cerca de 0,79 km<sup>2</sup>, o que representa um crescimento de 56% em 21 anos. Entretanto, em ambas as datas foram identificadas menores temperaturas permeando a malha urbana, fenômeno que pode em parte ser explicado pela boa incidência de arborização e áreas vegetadas na cidade de Catolé do Rocha.

**Tabela 6 – Informações das classes de cobertura do solo e da TST por classe.**

<u>OUTUBRO de 1995</u>		<b>Temperatura Média (°C)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>Água</b>	26,74	0,05	0,6
	<b>Vegetação densa</b>	29,1	1,15	14,7
	<b>Área urbana</b>	30,4	1,41	18,0
	<b>Vegetação esparsa</b>	30,9	1,34	17,1
	<b>Solo exposto/vegetação rala</b>	31,8	3,88	49,6
<u>OUTUBRO de 2016</u>		<b>Temperatura Média (°C)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>Água</b>	—	—	—
	<b>Vegetação densa</b>	34,2	0,82	10,5
	<b>Área urbana</b>	35,1	2,20	28,1
	<b>Vegetação esparsa</b>	35,5	1,71	21,8
	<b>Solo exposto/vegetação rala</b>	36,2	3,10	39,6
<b>Total</b>	—	—	<b>7,83</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 6 CONCLUSÕES

O uso do Sensoriamento Remoto se mostrou como uma ferramenta chave no mapeamento do NDVI e da TST, na interpretação das relações do NDVI com a TST e na identificação das mudanças decorrentes do uso e ocupação do solo em áreas urbanas. Com base nessa afirmativa e nos resultados do estudo, se concluiu que:

Mesmo havendo uma variação na amplitude das temperaturas entre o período seco e chuvoso, a interpretação das informações por classe de densidade vegetal e a interpretação das sobreposições/comparação dos mapas constataram a relação de inversa proporcionalidade entre o NDVI e a temperatura de superfície. No mês de maio as menores temperaturas se concentraram em locais com maior adensamento vegetal (a exemplo das áreas de entorno), diferente do mês de outubro, que devido ao decaimento vegetal ocasionado pelo período de estiagem, obteve maiores temperaturas nessas áreas. A diferença das médias de temperatura entre a classe de menor densidade vegetal e a de maior densidade vegetal variaram no intervalo de 0,5 e 3,8 °C.

As maiores correlações entre o NDVI e TST se manifestaram nos meses de outubro e as menores nos meses de maio. Os resultados das correlações variaram sazonalmente, implicando dizer que a TST e o índice vegetativo no mês de maio possuem uma maior dependência da variável pluviométrica em relação a agosto.

Houve mudanças significativas no uso e ocupação do solo na cidade de Catolé do Rocha entre os anos de 1995 e 2016. A vegetação densa do município foi reduzida em 28,7% de área (0,33 km<sup>2</sup>) e a área urbanizada expandiu cerca de 0,79 km<sup>2</sup>, o que representa um crescimento de 56% em 21 anos. Nas duas datas avaliadas a classe de vegetação densa apresentou menor média de temperatura seguida da classe de área urbana.

Dessa forma, a análise do comportamento da temperatura superficial terrestre, do NDVI e da cobertura do solo com uso de sensoriamento remoto, remete a uma nova perspectiva quanto ao entendimento do clima urbano, das mudanças na vegetação e das várias formas de uso e ocupação do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Previsão do Tempo – chuvas**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 09 de jul. de 2018.

ALMEIDA, Arlety Silva de; VIEIRA, Ima Celia Guimarães. Dinâmica da Cobertura Vegetal e Uso da Terra no Município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o Uso da Técnica de Sensoriamento Remoto. [Editorial] **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais. V.3, n.1, p 81-92, jan./abr., 2008.

ALVES, Anne Karoline; COSTA, Marcus Vinícius Coelho Vieira da. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da bacia do Ribeirão Santa Juliana no Triângulo Mineiro - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** p. 2267-2274.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

B, M. L. S.; Pires, M. O. **Parques Ecológicos e População no Distrito Federal: À procura da “natureza” e do lazer**. XXII Reunião Brasileira de Antropologia. Fórum de Pesquisa 3: “Conflitos Socioambientais e Unidades de Conservação”.

BATISTELLA, Matheus; CRISCUOLO, Cristina; BOLFE, Édson Luis. Satélites de recursos naturais como suporte à gestão ambiental. **Geoinformação e Monitoramento Ambiental na América Latina**. Senac Editora. 2008. p. 21- 52.

BOHRER, Claudio Belmonte Athayde. et al. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no centro de diversidade vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v.60, n.1, p. 1-23, 2009.

CÂNDIDO, Pietro de Almeida. **Mapeamento do Uso da Terra e da Cobertura Vegetal no Domínio Cerrado, Estado de Mato Grosso**. 2013. 32 p. Monografia – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas.2013.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima de Catolé do Rocha**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/paraiba/catole-do-rocha-42600/>. Acesso em: 12 nov.2018.

COVELE, Paulo Alberto. Aplicação de índice das condições de vegetação no monitoramento em tempo quase real da seca em Moçambique usando NOAA\_AVH-NDVI. **Espaço e Tempo**, n. 29, p; 85 – 98, São Paulo, 2011.

CRUZ, Carla Bernadete Madureira. et al. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** p. 7789-7796

DELGADO, Rafael Coll. et al. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.25, p. 69-80, 2012.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/>. Acesso em: 8 out. 2018.

FERREIRA, Ercilia Mendes; DRESCH, Carla Julita; AYACH, Lucy Ribeiro. A Modificação da Paisagem no Contexto Histórico de Ocupação do Território do Assentamento São Manoel – Anastácio-MS. [Editorial]. **Revista Geografar**, v.11, n.1, p 5-25, jul., 2016.

FLORENZANO, Tereza Galloti. 2004. **A Nave Espacial Noé**. São Paulo, Oficina de Textos.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo. Oficina de textos, 2002

FONTANA, Denise Cybis. **Comportamento espectral da vegetação**. Rio Grande do Sul: Ufrgs, 2011

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <[http:// cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/catole-do-rocha](http://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/catole-do-rocha)>. Acesso em: 09 jul. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/downloads-geociencias.html> >. Acesso em: 11 jul. 2018.

INFORNATUS. **Município de Catolé do Rocha-Paraíba**. Disponível em: <<http://informatus.blogspot.com/2015/02/municipio-de-catole-do-rocha-paraiba.html>>. Acesso em: 3 de nov. 2018.

JESUS, Bruna Luiza Pereria de. **A relação entre a temperatura radiométrica de superfície (land surface temperature-LST), índice de vegetação (normalized difference vegetation index-NDVI) e os diferentes padrões de uso da terra do município de São Paulo**. 2015. 99 f. Dissertação (mestrado em geografia física) – Departamento de geografia, Universidade de São Paulo– USP, São Paulo.

LIMA, Valéria; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. A utilização de informações de temperatura da superfície, do ndvi e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 1028-1035.

MACHADO, R. A. S; OLIVEIRA, A. G. **Análise do Uso e ocupação do Solo para o licenciamento ambiental da BR-415**. Hydros Engenharia, 2011.

MARQUES, Leônidas de Santana. et al. Mapeamento de uso e cobertura do solo no município de Jeremoabo (BA) por meio de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...**

MING, Tsay Chu; LIU, William Tse Horng. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 11. 2000. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBMET, 2000.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2º ed-Viçosa: UFV, 2003.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

NETO, Antonio João de Lima. et al. Uso de agrotóxicos e utilização de equipamento de proteção individual por produtores no sertão paraibano. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.4, n.4, p. 107 - 114 outubro/dezembro de 2009.

NOVO, Evelyne M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.

ORHAN, Osman; EKERCIN, Semih; DADASER-CELIK, Filiz. Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1-11, 2014.

PAULA, Isabela Fernanda M de; PIMENTEL, Franciele de Oliveira; FERREIRA, Cássia de Castro Martins. 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.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 128 p.

Qin, Z., Karnieli, A. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from LANDSAT TM data and its application to the Israel-Egypt border region. **International Journal of Remote Sensing**, Vol. 22, No. 18, p. 3719–3746, 2001.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento, Tecnologia Transdisciplinar**. 2 Ed – Revista Atualizada e Ampliada. Juiz de Fora - MG, 2002.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: s.n., 2007.

ROUSE, J. W., Jr. et al. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. Texas A&M University Remote Sensing Center, College Station, Texas, 1974.

SANO, Edson Eyji; FERREIRA, Laerte Guimarães. Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação dos solos do Cerrado: Considerações e proposta metodológica. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2004, Goiânia, 2005.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. et al. **Sensoriamento remoto Arcgis 10.2.2, passo a passo**: processamento de Imagens Orbitais, v.1, Alegre, Espírito Santo, 2014.

SANTOS, Pablo; NEGRINI, Andrew J. A comparison of the normalized difference vegetation index and rain fall for the Amazon and Northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**. 1997.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

STEINKE, Valdir Adilson; STEINKE, Ercília Torres; SAITO, Carlos Hiroo. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina, DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, v. 6, jun., 2010.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 jul .2018.

WANG, Wei-wu; ZHU, Li-zhong; WANG, Ren-chao. An analysis on spatial variation of urban human thermal comfort in Hangzhou, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 16, n. 2, p. 332-338, 2004.